

Vysoká škola báňská – Technická univerzita  
Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

**Boční kryt mechanizované výztuže**  
Side Cover of Mechanical Roof Support

Student: Vojtěch Kočí

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Josef Jurman, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Vojtěch Kočí**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje  
Téma: **Boční kryt mechanizované výztuže**  
**Side Cover of Mechanical Roof Support**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Pro boční kryt krajní mechanizované výztuže do mocnosti 3,5m zpracujte přehled současného stavu problematiky, definujte základní požadavky. Zpracujte koncepční návrh výztuže s krytem včetně potřebných výpočtů a výkresové dokumentace krytu. Konkrétní technické a provozní podmínky konzultujte se zadavatelem - Ostroj Opava, a.s.

### Seznam doporučené odborné literatury:


JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.  
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.  
Firemní podklady Ostroj a.s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Josef Jurman, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

  
\_\_\_\_\_  
doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KOČÍ, V. *Boční kryt mechanizované výztuže: Bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 58 s. Vedoucí práce: Jurman, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem bočního krytu pro mechanizované výztuže do mocností 3,5 metrů. V úvodní kapitole jsou popsány funkce mechanizovaných výztuží a jejich specifikace. V následující kapitole jsou charakterizovány jednotlivé části bočního krytu. Výpočtová část obsahuje kontrolní výpočet uložení hydraulického válce pomocí čepů, kontrolní výpočet pantů a dále pak svarového spoje. Ve výpočtové části je provedena i kontrola konzoly hydraulického válce pomocí MKP metody. Práce obsahuje v přílohách výkresovou dokumentaci jednotlivých částí sestavy.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

KOČÍ, V. *Side Cover of Mechanical Roof Support: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and designing, 2016, 58 p. Thesis head: Jurman, J.

This bachelor thesis deals with a design of the side cover of mechanical roof support for heights up to 3.5 metres. In the introductory chapter there are described the functions of mechanical roof support and their specifications. In the next chapter there are characterized individual parts of the side cover. The calculation part contains check calculation of fixation of hydraulic cylinder with the help of trunnions. Then I dealt with check calculation of hinge joints and then welded joint. The calculation part also contains control of console of hydraulic cylinder with the help of the FEM method. The thesis includes drawing documentation for individual parts of assembly.

## Obsah

Úvod .....	10
1. Způsob těžby longwall .....	11
2. Dobývací komplex .....	13
3. Mechanizovaná výztuž .....	16
4. Hlavní funkce mechanizované výztuže .....	26
5. Rešetše v oblasti bočních krytů .....	28
6. Návrh konstrukce bočního krytu .....	29
6.1 Výklopný plech zakrytování .....	30
6.2 Konzola pro vysouvání .....	32
6.3 Uchycení hydraulického válce .....	34
6.4. Hydraulický válec .....	35
7. Rozbor sil v mechanismu .....	36
8. Kontrolní výpočty .....	39
9. Závěr .....	52
Seznam použité literatury .....	54
Seznam obrázků .....	56
Seznam příloh .....	58

## Seznam použitých značek a symbolů

$F_{vmax}$	maximální síla hydraulického válce	[N]
$p_{vmax}$	maximální tlak v hydraulickém válci	[MPa]
$D$	průměr hydraulického válce	[mm]
$F_{vy}$	síla hydraulického válce v ose y	[N]
$F_{vx}$	síla hydraulického válce v ose x	[N]
$F_p$	síla procházející pantem boční opěry	[N]
$F_N$	nosná síla	[N]
$F_{RA}$	reakce v pevné vazbě A	[N]
$F_{RB}$	reakce v pevné vazbě B	[N]
$F_{ix}$	suma všech sil v ose x	[N]
$F_{iy}$	suma všech sil v ose y	[N]
$\alpha$	úhel natočení síly $F_p$ od roviny	[°]
$\beta$	úhel natočení hydraulického válce od roviny	[°]
$M_{oMax1}$	maximální ohybový moment čepu č.1	[N.mm]
$M_{oMax2}$	maximální ohybový moment čepu č.2	[N.mm]
$\sigma_{o1}$	ohybové napětí v čepu.č.1	[MPa]
$\sigma_{o2}$	ohybové napětí v čepu.č.2	[MPa]
$\tau_{s1}$	napětí ve střihu v čepu.1	[MPa]
$\tau_{s2}$	napětí ve střihu v čepu.2	[MPa]
$\sigma_{red1}$	redukované napětí čepu č.1	[MPa]
$\sigma_{red2}$	redukované napětí čepu č.2	[MPa]
$k$	výsledná bezpečnost	[ - ]
$k_{min}$	minimální požadovaná bezpečnost	[ - ]

$d_1$	průměr čepu č.1	[mm]
$d_2$	průměr čepu č.2	[mm]
$s_1$	plocha průřezu čepu č.1	[mm <sup>2</sup> ]
$s_2$	plocha průřezu čepu č.1	[mm <sup>2</sup> ]
$l_1$	vzdálenost vazeb v čepu č.1	[mm]
$l_2$	vzdálenost vazeb v čepu č.2	[mm]
$b_1$	velikost spojitého zatížení čepu č.1	[mm]
$b_2$	velikost spojitého zatížení čepu č.2	[mm]
$F_{p1}$	síla působící na jeden pant	[N]
$a_3$	vzdálenost od kraje do druhé vazby pantu	[mm]
$l_3$	vzdálenost vazeb v pantu	[mm]
$b_3$	vzdálenost druhé vazby k spojitému zatížení	[mm]
$M_{oMaxp1}$	maximální ohybový moment pantu v místě č.1	[N.mm]
$M_{oMaxp2}$	maximální ohybový moment pantu v místě č.1	[N.mm]
$\sigma_{op1}$	ohybové napětí v pantu v místě.č.1	[MPa]
$\sigma_{op2}$	ohybové napětí v pantu v místě.č.2	[MPa]
$\tau_{sp1}$	napětí ve střihu v pantu v místě č.1	[MPa]
$\tau_{sp2}$	napětí ve střihu v pantu v místě č.1	[MPa]
$\sigma_{redp1}$	redukované napětí pantu v místě č.1	[MPa]
$\sigma_{redp2}$	redukované napětí pantu v místě č.2	[MPa]
$d_3$	průměr čepu v pantu	[mm]
$s_3$	plocha průřezu čepu v pantu	[mm <sup>2</sup> ]
$M_{oMax-sv}$	maximální ohybový moment svarového spoje	[N.mm]



$\sigma_{o-sv}$	ohybové napětí ve svarovém spoji	[MPa]
$\sigma_{t-sv}$	napětí v tahu ve svarovém spoji	[MPa]
$\tau_{s-sv}$	napětí ve střihu ve svarovém spoji	[MPa]
$\sigma_{red-sv}$	redukované napětí ve svarovém spoji	[MPa]
$a_4$	vzdálenost od svaru k zatěžující síle	[mm]
$b_4$	velikost svaru	[mm]
$h$	délka svarového spoje	[mm]
$s_4$	plocha svarového spoje	[mm]

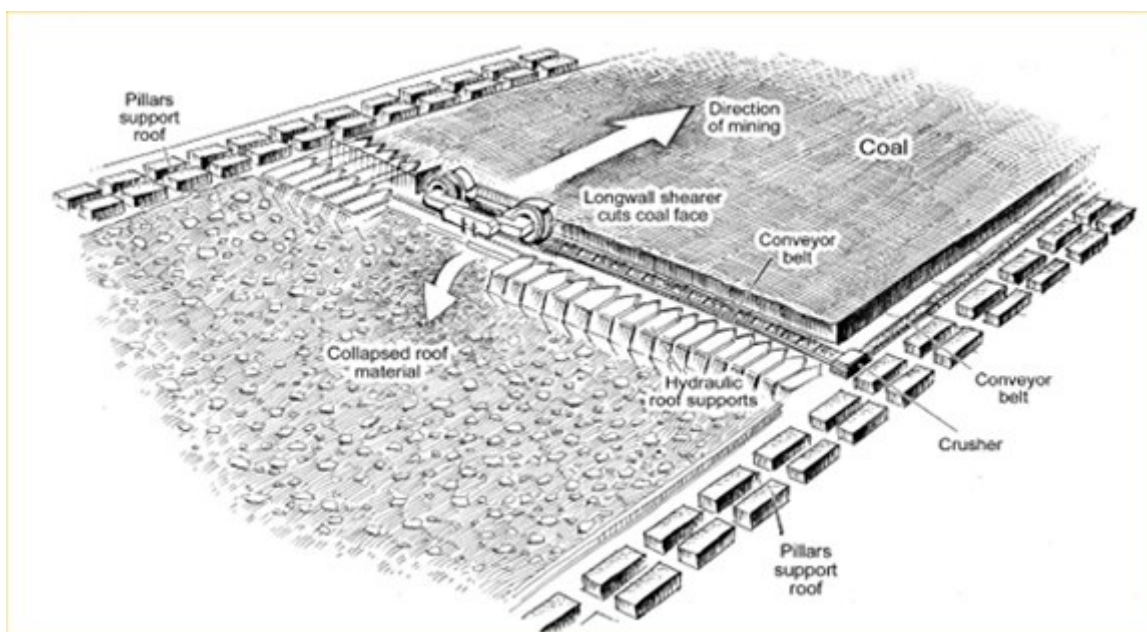
## Úvod

Mechanizovaná výztuž se nachází ve fázicím prostoru. Je obvykle ovládána horníkem a proto musí být zajištěn bezpečný prostor pro práci a pohyb těchto osob. Výztuž klade odpor proti nadložním silám a plní funkci podpěry. V komplexu porubu mechanizovaná výztuž spolupracuje společně s hřeblovým dopravníkem, po kterém se pohybuje dobývací kombajn. Jedná se o velice účinný způsob hlubinné těžby uhlí. Tento systém těžby se nazývá „Longwall mining“.

# 1. Způsob těžby longwall

Metoda longwall (v překladu „stěnování“) je jedním ze způsobu těžby uhlí. Počátky této metody se datují již od 50. let. Od té doby se tento systém stále zdokonaluje a prochází technickými vylepšeními, které zvyšují jeho účinnost. V dnešní době tvoří tento způsob těžby asi polovinu všech těžení ve světě. Tímto způsobem těžby se dají těžít bloky uhlí o šířce přes půl kilometru a délce tři až pět kilometrů.

Před samotnou těžbou se vyrazí dvě rovnoběžné boční chodby, kterými se dopraví vše potřebné pro těžení. Poté se ustaví dobývací komplex skládající se z mechanizovaných výztuží, který spojuje tyto dvě chodby. Při samotném těžení, se jednou z chodeb dopravuje uhlí pomocí pásového dopravníku dále od porubu. Chodba druhá bývá většinou nevyužitá a cíleně se zavaluje. Obě chodby ale zároveň slouží k cirkulaci čerstvého vzduchu.



Obrázek 1– metoda těžby longwall [3]

Na obrázku 2 jde vidět technologický postup ražení v porubu. Jednotlivé sekce se po projetí kombajnu posunují do nové polohy. Tento úkon přesunutí se ovládá automatizovaně většinou za pomoci elektrohydraulického systému, nebo jej provádí obsluha, která je přítomna přímo v porubu. Po přesunutí, vzniká za výztuží zával.



*Obrázek 2 - odplenění výztuže [4]*



*Obrázek 3 - přesunutí do nové polohy a následný zával [4]*

## 2. Dobývací komplex

Dobývací komplex se nachází v porubu a slouží k těžbě uhlí. Je to sestava několika strojů. Celý komplex se skládá z mechanizovaných výztuží, hřeblového dopravníku a pluhové soupravy, nebo dobývacího kombajnu.



Obrázek 4 - dobývací komplex [5]

### Dobývací pluhové soupravy

Pluhové soupravy se využívají ve slojích o mocnostech od 0,6 m do 1,8 m a jsou určeny k dobývání uhlí v horizontálních slojích i úklonných slojích do úhlu 40°. Pluhové soupravy se dělí na soupravy kluzné a vytrhávací. Pluhové soupravy jsou vedeny po hřeblovém dopravníku s atypicky řešenou tratí pomocí řetězu na závalové, nebo pilířové straně.

Pluhování se rozděluje podle pevnosti uhlí, které je dobýváno. U slojích s uhlím, které je pevné, probíhá pluhování na plnou mocnost. V méně pevných slojích stačí rozpojovat pouze spodní část sloje. Rozhodující je dobrá odlučnost uhlí od stropu.

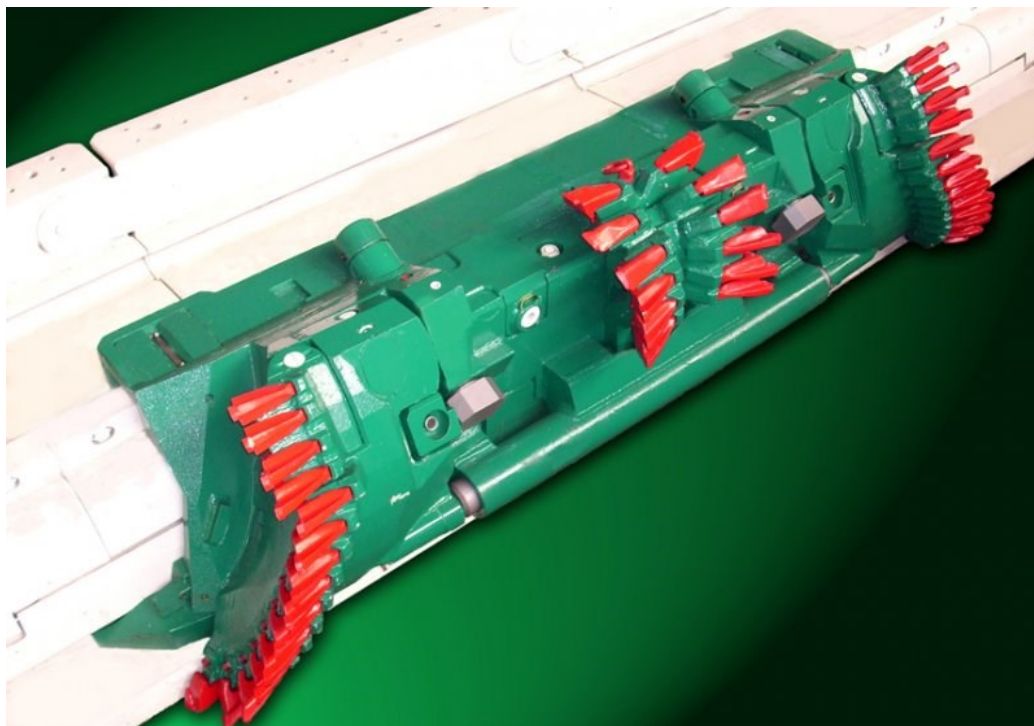
### Kluzné pluhy

Jsou nasazovány u slojích větších mocností při dobývání pevnějšího uhlí. Pluhové těleso je vedeno řetězem a v porovnání vytrhávacím pluhem vykazuje vyšší efektivitu při procesu rozpojování uhlí.

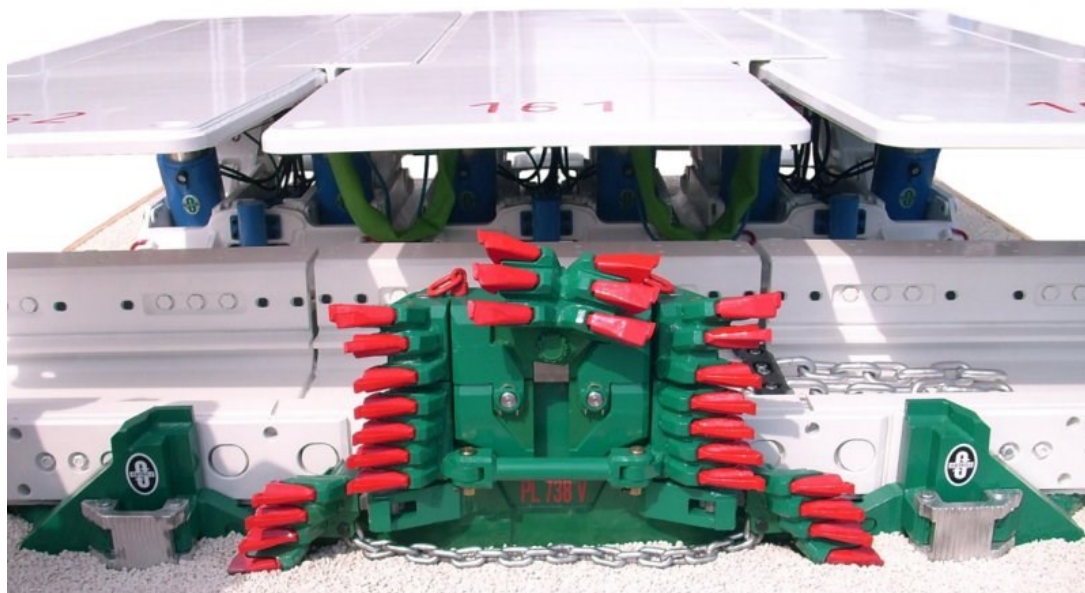


## Vytrhávací pluhy

Pluhy se uplatňují spíše ve slojích o nižších mocnostech. Tělo vytrhávajícího pluhu se upevňuje ke stabilizační desce, která se pohybuje pod dopravníkem. Toto řešení díky své konstrukci umožňuje snadnou údržbu.



Obrázek 5 – detail vytrhávajícího pluhu [6]



Obrázek 6- dobývací stroj [6]

## Hřeblové dopravníky

Hřeblové dopravníky jsou určeny pro jednosměrnou dopravu vytěžené rubaniny v porubech, které jsou dobývány pluhy, nebo kombajny. Vytěžená rubanina následně pokračuje po pásovém dopravníku. Jeho tažným elementem je řetěz s hřebly, které posouvají materiál. Krom samotné přepravy vytěženého materiálu má dopravník ještě další funkce, ke kterým patří: Vedení dobývacího stroje a také vytvoření opory při přesouvání mechanizované výztuže do nové polohy.

Konstrukce jednotlivých hřeblových dopravníků se značně liší při použití kombajnu, nebo pluhu.

### Hlavní části hřeblového dopravníku

Trať hřeblového dopravníku je tvořena žlaby, ve kterých jsou vedeny řetězy. Na řetězech jsou upevněna hřebla, která hrnou vytěžený materiál k přesypu a dalšímu dopravnímu zařízení.

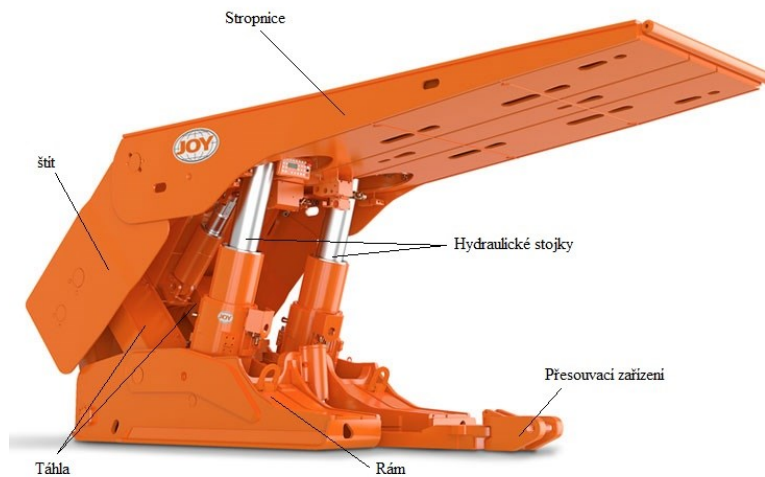
Mezi další hlavní části dopravníku patří stanice vratná a poháněcí. Vratné stanice bývají vybaveny napínáním.



Obrázek 7- hřeblový dopravník [7]

### 3. Mechanizovaná výztuž

Hlavním úkolem mechanizovaných výztuží, je zabezpečení pracovního prostoru v porubu. Jsou navrženy tak, aby se dokázaly přizpůsobit velikosti dané sloje.



*Obrázek 8-základní části mechanizované výztuže [8]*

Mechanizované výztuže se člení do tří základních kategorií:

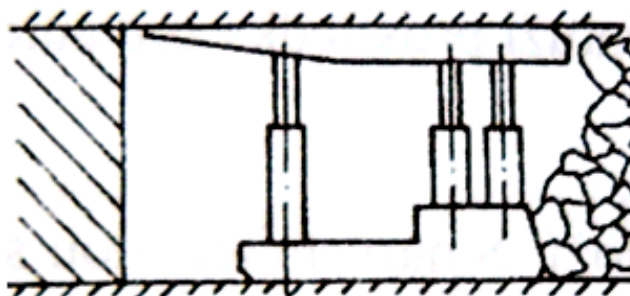
- výztuže podpěrné
- výztuže ohrazující
- výztuže podpěrně ohrazující

Tato rozdělení jsou dány funkčním vztahem mechanizované výztuže k nadloží. Je dáno charakterem nadložních hornin z hlediska zavalování



## Výztuže podpěrné

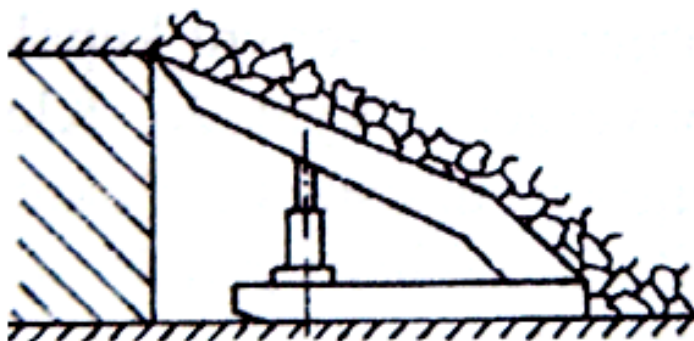
Slouží k funkci podpěry nadloží v pracovní části porubu. Skládá se ze základového rámu, hydraulických stojek a stropnice. Jejich nevýhodou je malý výškový rozsah. V dnešní době se používají jen ojediněle v porubech nízkých mocností.



Obrázek 9 - schéma podpěrné výztuže [1]

## Výztuže ohrazující

Tyto výztuže se také využívají pouze zřídka. Důvodem je, že do porubu, který je takto situován, je velice komplikované umístit hřeblový dopravník s dobývacím strojem. Ovšem teoreticky by tyto výztuže měly klást největší odpor nadloží.

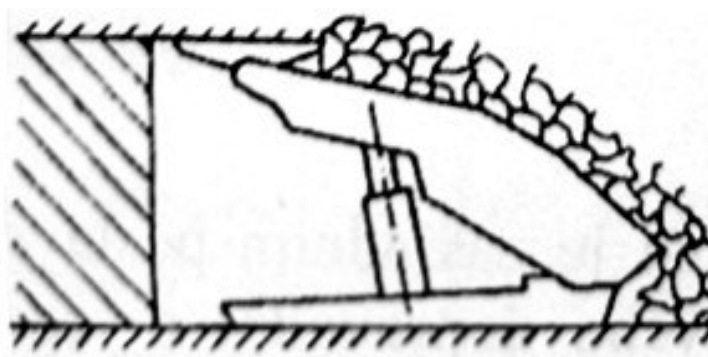


Obrázek 10- schéma výztuže ohrazující [1]

## Výztuže podpěrně ohrazující

V posledních třiceti letech došlo ke značnému pokroku ve vývoji těchto výztuží. Proto se tento typ výztuží využívá nejčastěji. Spojuje funkce podpěrných a ohrazujících výztuží. Díky tomu má tento typ výztuží tyto výhody:

- zajišťuje lepší zakrytí pracovního prostoru u stropu,
- má větší výškový rozsah, který je dán postavením hydraulické stojky,
- dlouhá stropnice, která velice dobře kryje dopravník,
- značně jednoduší obsluha těchto výztuží.



Obrázek 11 - schéma výztuže podpěrně ohrazující [1]

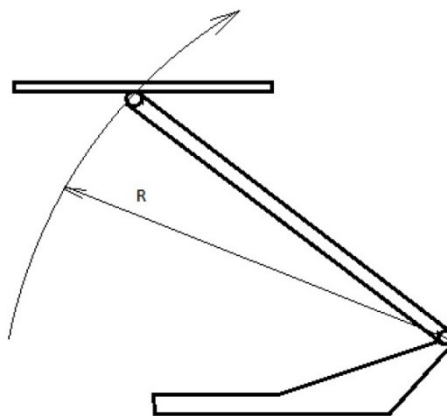
## Rozdělení podpěrně ohrazujících výztuží

Podpěrně ohrazující výztuže rozdělujeme podle spojení rámu se štítem na:

- Výztuže s jednokloubovou vazbou rámu se štítem,
- Výztuže se čtyřkloubovou vazbou rámu se štítem.

### Výztuže s jednokloubovou vazbou rámu

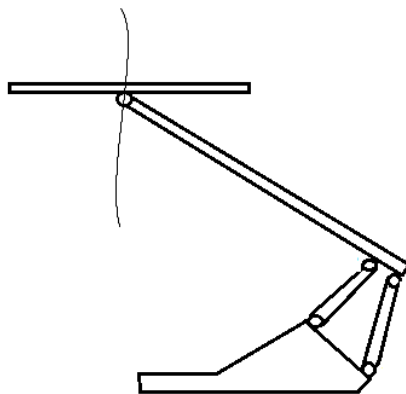
Kvůli nízkému opření hydraulické stojky do štítu a s tím související malé síly působící na stropnici, je nevýhodou těchto výztuží malý odpor. A hlavně změna vzdálenosti stropnice od pilíře při vertikálním pohybu (změna výšky)



Obrázek 12- schéma výztuže s jednokloubovou vazbou

### Výztuže se čtyřkloubovou vazbou rámu

V dnešní době jsou už prakticky konstruovány pouze tyto typy výztuží. Rám je spojen se štítem pomocí táhel. Jejich velkou výhodou je, že přední hrana stropnice si zachovává pořád stejnou vzdálenost od pilíře po celou dobu pracovní výšky, pro kterou je konstruována. Přední hrana stropnice se pohybuje po křivce (lemniskáta), která se ve využívaném rozsahu mocností blíží vertikále.



Obrázek 13- schéma výztuže se čtyřkloubovou vazbou [1]

### **Části mechanizované výztuže**

Mechanizovaná výztuž se skládá ze: základového rámu, stropnice výztuže, hydraulických stojek, štítu výztuže, pilířové opěry, táhlového mechanismu, přesouvacího zařízení a ovládacího systému.

#### **Stropnice výztuže**

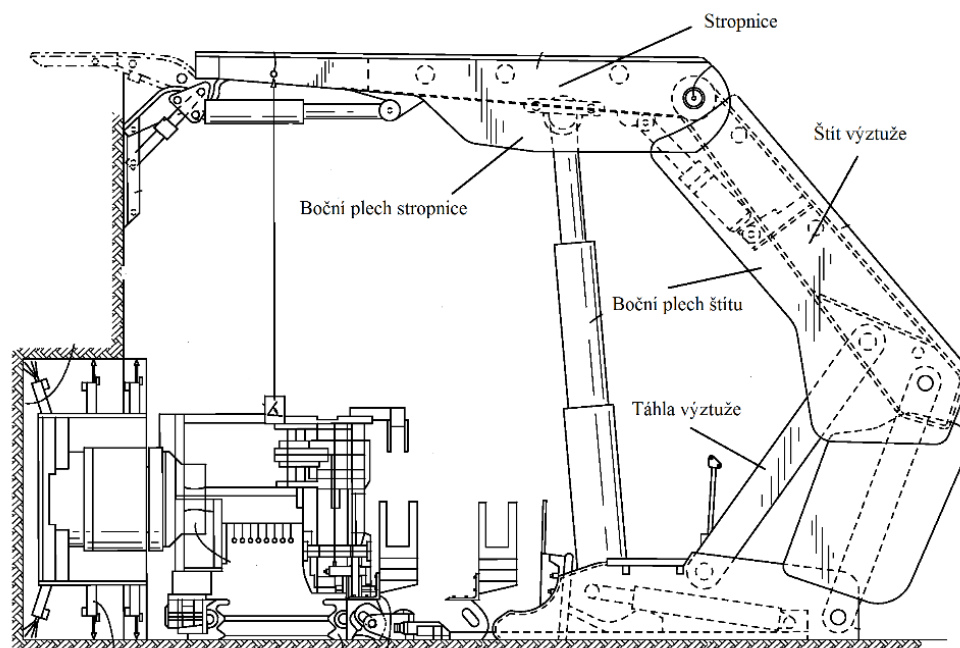
Bývá povětšinou jednodílná. Je duté konstrukce a jsou v ní umístěny lůžka pro uchycení hydraulických válců. Mezi stropnicí a štítem výztuže je vsunut hydraulický válec, který slouží ovládání výšky sekce. Stropnice je se štítem kloubově spojena. Na stranách stropnice jsou umístěny boční plechy stropnice.

#### **Štít výztuže**

Chrání pracovní prostor před závalem. Je to spojovací článek mezi rámem výztuže a stropnicí. Stejně jako u stropnice se i u štítové výztuže nachází boční plechy štítu, které slouží k utěsnění prostoru a zamezení závalu.

#### **Táhla výztuže**

Táhla výztuže vytváří čtyřkloubový mechanismus, který určuje pohyb při změně výšky. Spojují štít a stropnici výztuže. Táhla jsou namáhána velkými tahovými a tlakovými silami.



Obrázek 14- popis částí výztuže [9]

### Pilířová opěra

Používají se zejména u slojí vyšších mocností. Úkolem pilířové opěry je zabránit vypadávání uhlí z pilíře a zamezit tak případnému zranění obsluhy, popřípadě poškození některé z částí mechanizované výztuže.



Obrázek 15 - mechanizovaná výztuž s pilířovou opěrrou [10]

## Hydraulické stojky

Hydraulická stojka je jedna z rozhodujících prvků výztuže. Určuje její únosnost. Je uchycena v rámu a stropnici. Jsou tvořeny



*Obrázek 16- Hydraulické stojky mechanizované výztuže [11]*

## Hydraulický obvod

Hydraulickým obvodem jsou řízeny jednotlivé pohyby sekce. Ovládací jednotka je vždy umístěna mimo ovládanou sekci, aby nemohlo dojít ke zranění operátora horninou, která může padat při přesouvání sekce. Existují dva způsoby ovládání. Ovládáním ze sousední sekce a automatizované řízení. Celý hydraulický obvod se skládá z hydraulických rozvaděčů, pojistných ventilů, zámků, spojovacích částí a hadic.

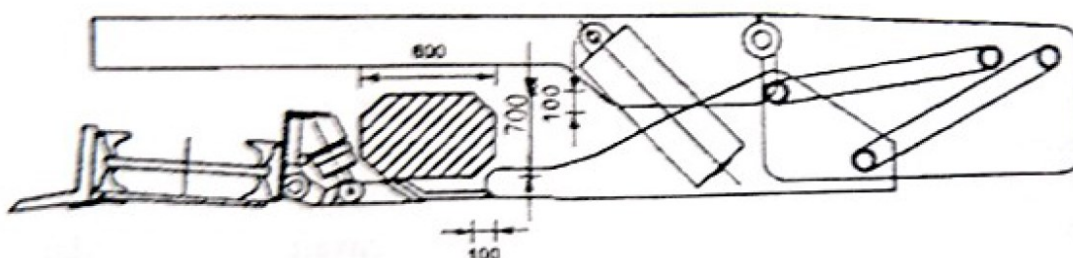


*Obrázek 17 - Kontrolní panel pro ovládání hydraulických válců [12]*

## Rozdělení dle mocností slojí

### výztuže pro nízké sloje

Určujícím rysem pro výztuže nízkých mocností je fakt, že se v něm obsluha musí pohybovat po kolenou. Ovšem přesně daná hodnota pro rozdělení není stanovena, ale pohybuje se v rozmezí 1,2 – 2 m. U výztuží tohoto typu se musí dbát na to, aby boční rám, případně přesouvací zařízení výztuže, omezovaly průchod obsluze co nejméně. Existuje i předpis pro minimální rozměry pro průchod.



Obrázek 18 - Schéma výztuže pro nízké sloje [1]

### Výztuže pro střední a mocné sloje

U výztuží pro střední a zejména pak u výztuží pro mocné sloje už se nevyskytuje problém s průchodem obsluhy. Výztuže musejí mít vysoký odpor, který je dán charakteristikou nadloží. Odpory často dosahují hodnot  $1000 \text{ kN.m}^{-2}$ . Sekce mocných slojí dosahují výšky až 7 metrů. S tím souvisí jejich vysoká hmotnost a značně omezená možnost manipulace, proto musejí být výztuže vybaveny prostředky pro přesouvání.





Obrázek 19 - Porovnání jednotlivých typů výztuží [5]

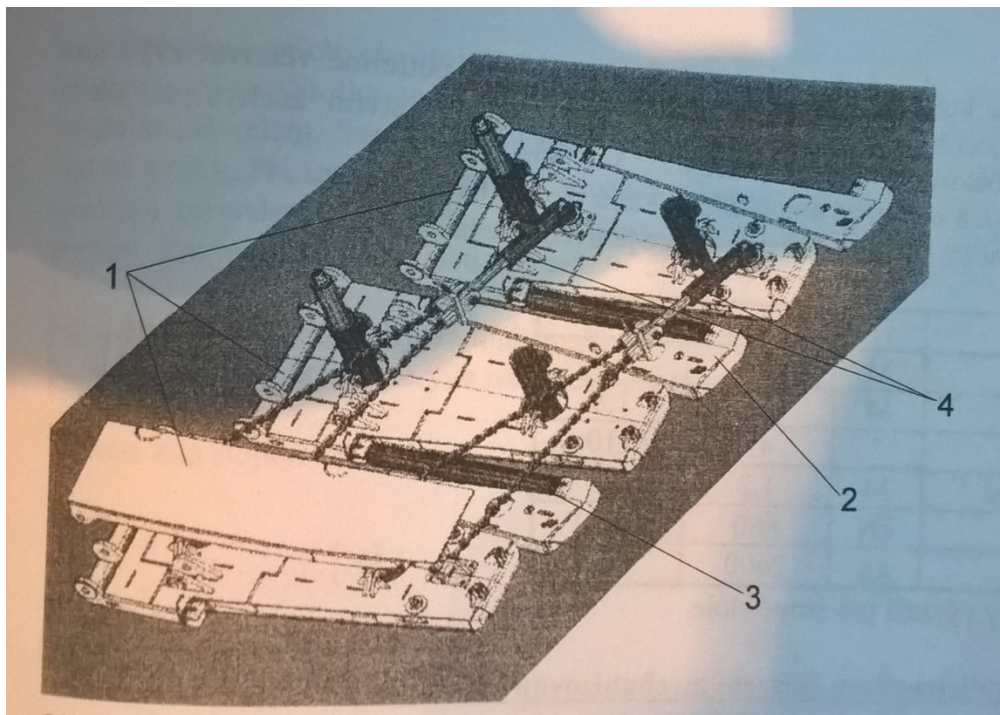
### Speciální výztuže pro strmé sloje

Kromě klasických mechanizovaných výztuží pro sloje, které jsou horizontální, se taky vyrábí výztuže pro sloje, které mají jinou polohu vůči horizontální rovině. Uložení se rozděluje těchto kategorií:

Tabulka 1- Rozdělení speciálních výztuží

0÷20°	Ploché uložení sloje
20÷40°	Šikmé uložení sloje
40÷90°	Strmé uložení sloje





Obrázek 20 - pohled na svázané výztuže ve strmé sloji [1]

Zásadním rozdílem mezi výztužemi pro strmé sloje a pro ploché je v tom, že ve strmých slojích se nenachází hřeblový dopravník. Vytěžený materiál samovolně padá porubem. Absence hřeblového dopravníku má vliv na přesouvání výztuží. Sekce bývají svázaný tak, aby byl možný jejich přesun. Po odplenění spodní sekce udržuje zbylé svázané sekce ve stabilní poloze stabilizační zařízení. Poté se pomocí přesouvacího válce sekce přesune.

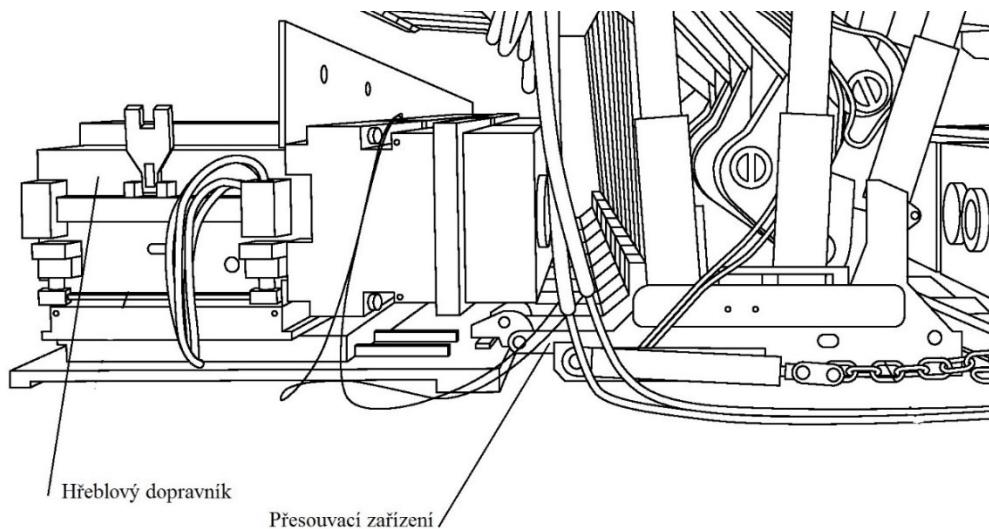
## 4. Hlavní funkce mechanizované výztuže

### Upínání výztuže

U této činnosti je vháněna do hydraulických stojek výztuže kapalina do té doby, dokud se stropnice neopře od stropu. Velikost upínací síly se volí podle kvality stropu. Velikost upínací síly bývá (70 až 80)% jmenovité nosnosti výztuže.

### Přesouvání výztuže

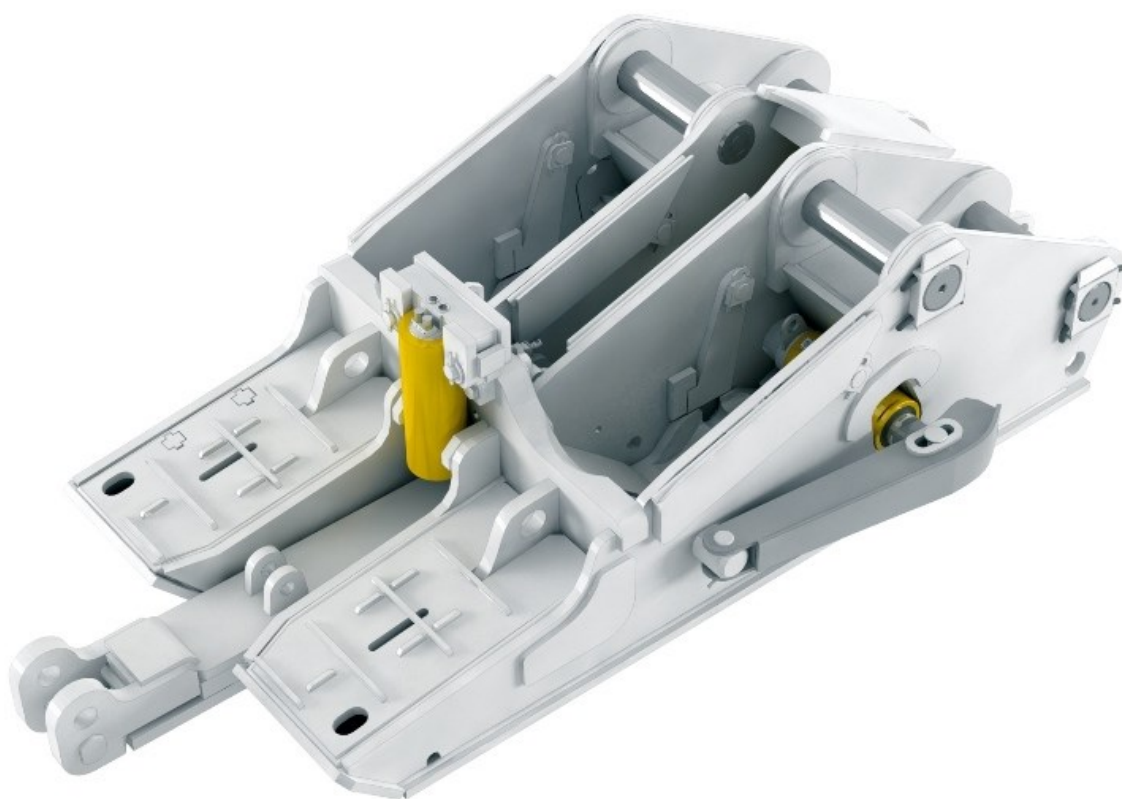
Přesouvání výztuže dochází po projetí dobývacího zařízení. Před samotným přesunutím do nové polohy se sekce „odplení“, což znamená, že se vypustí část pracovní kapaliny ze stojek. To vede ke zkrácení délky stojek a stropnice se uvolní od stropu. K přesouvání výztuže se používá přesouvací zařízení, které je jedním koncem připevněno k rámu výztuže a druhým k hřeblovému dopravníku. Přesouvací zařízení je ovládáno hydraulickým válcem. Během přesouvání sekce přenáší síly sousední sekce. Po přesunutí je výztuž následně upnuta zpět.



Obrázek 21 - přesouvací zařízení [9]

## **Přesouvání hřeblového dopravníku**

Tato operace se provádí po přesunu sekce výztuže, kdy vznikne dostatečně pevná opora pro přesun dopravníku a dobývacího stroje. Přesouvání dopravníku probíhá po celé délce porubu. Přesouvání zajišťuje přesouvací zařízení. Do hydraulického válce je přiváděna kapalina, která způsobuje zvětšení délky válce. Tímto válec od sebe oddaluje dopravník od výztuže, která je v upnuté poloze.

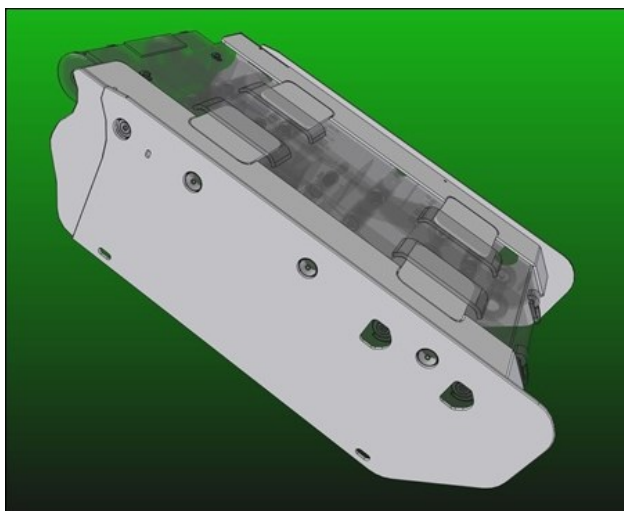


*Obrázek 22 - detail přesouvacího zařízení [14]*

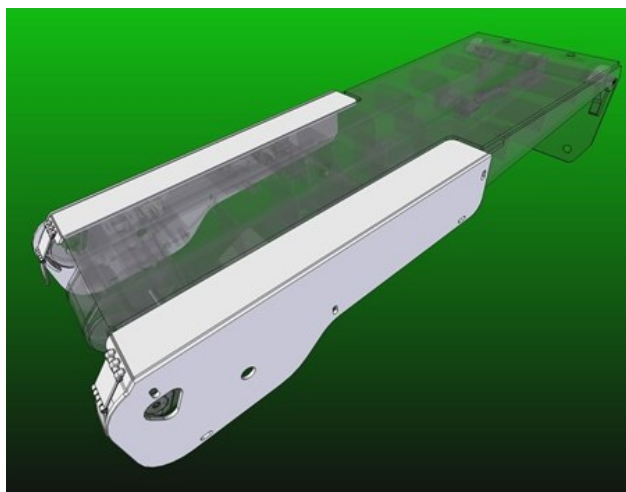
## 5. Rešerše v oblasti bočních krytů

Boční kryty jsou umístěny na stropnici mechanizované výztuže a také na závalovém štítu. Oba typy krytů slouží k vymezení prostoru mezi jednotlivými sekcemi, zabránění propadu horniny do pracovního prostoru a v neposlední řadě slouží také k nasměrování výztuže před upnutím do nové pozice.

Boční kryty jsou zpravidla na jedné straně mechanicky zaaretovány v jedné poloze. Na druhé straně jsou ovládány pomocí hydraulických válců boční stabilizace, které jsou umístěné uvnitř stropnice.



*Obrázek 24 - Boční kryt závalového štítu*

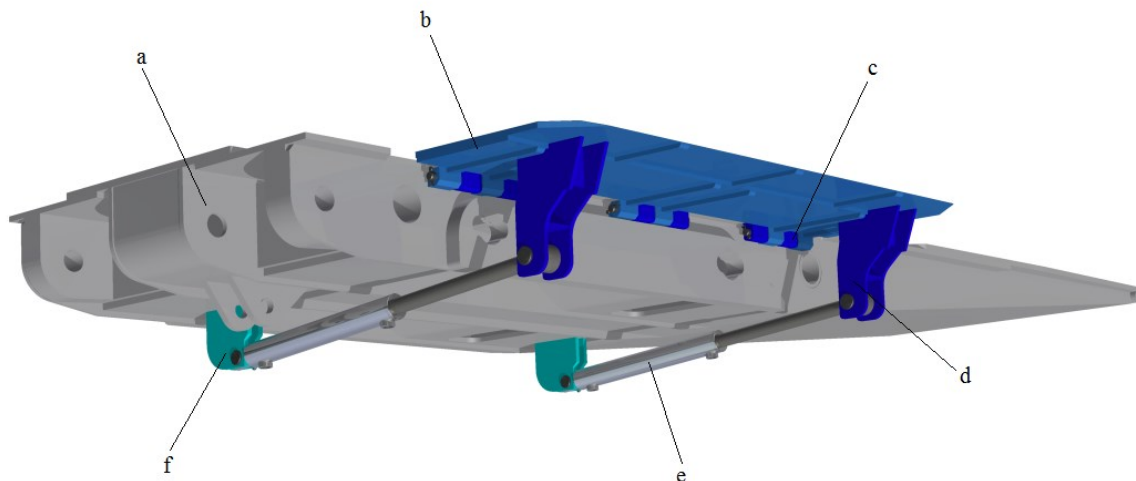


*Obrázek 23 - Boční kryt stropnice*

## 6. Návrh konstrukce bočního krytu

Toto zařízení je určeno pro sloje do mocností 3,5 metrů. Hlavním z požadavků mého zadavatele, kterým je Ostroj a.s., je nutnost zařízení implementovat na výztuž, která i nadále může sloužit svému původnímu účelu po drobných úpravách, jako je opětovné nasazení standartního bočního krytu stropnice. Pro Ostroj a.s. jsem navrhnul dvě řešení, které jsem po konzultacích přepracoval do finální podoby, která nejvíce vyhovuje požadavkům zadavatele.

V této části popíšu funkce jednotlivých částí celé sestavy bočního krytu. Boční kryt mechanizované výztuže má sloužit k zvýšení bezpečnosti obsluhy, díky zamezení pádu horniny z nadloží. Zařízení je určené pro poslední sekce mechanizovaných výztuží, které svojí částí už zasahují mimo porub do jedné z chodeb. Díky tomu může na tomto rozhraní porubu a chodby k uvolnění hornin z nadloží, které je nežádoucí. Pohyb konstrukce zajišťuje dvojice hydraulických válců, která vysune výklopný plech zakrytování do pracovní polohy.

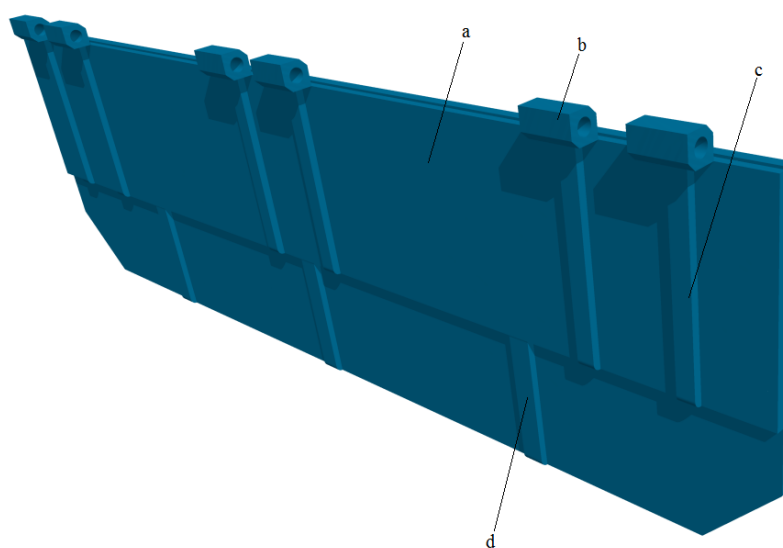


*Obrázek 25- Boční kryt v pracovní poloze – a) stropnice mechanizované výztuže; b) výklopný plech zakrytování c) panty na stropnici; d) konzola; e) hydraulický válec; f) uchycení hydraulického válce*

## 6.1 Výklopný plech zakrytování

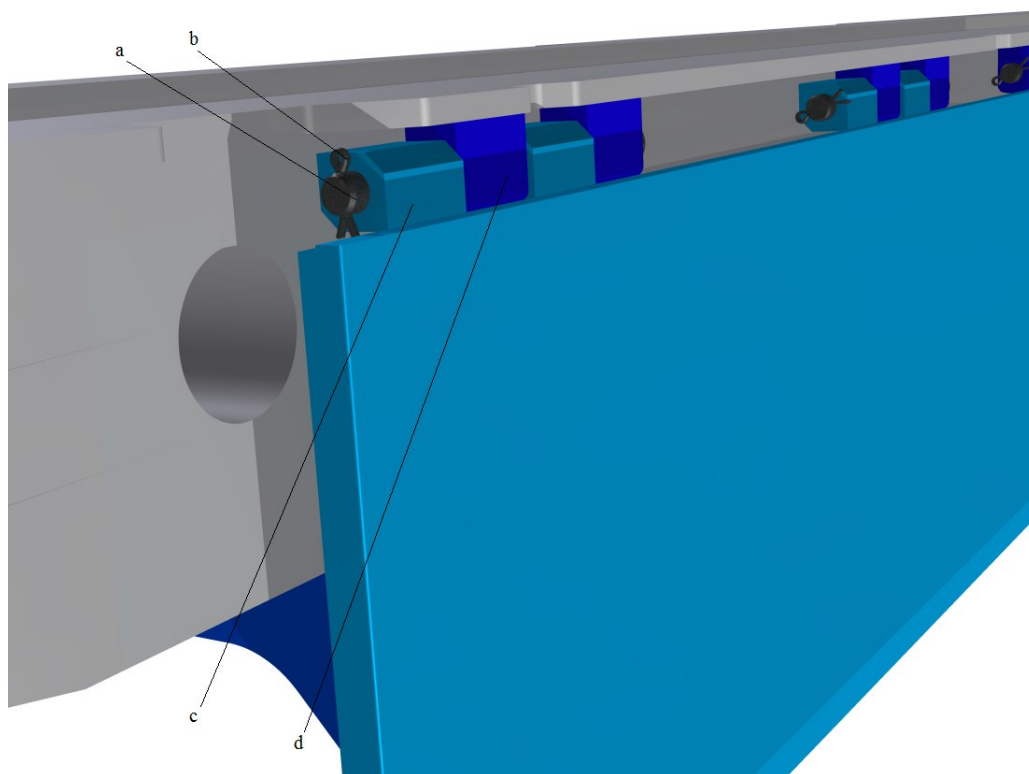
Jedná se o nejdůležitější součást na sestavě. Tento plech slouží k onomu zamezení pádu hornin z nadloží na pomezí porubu a závalové chodby. Na tomto přechodu je strop nadloží značně nerovný, proto je tlak na plochu zakrytování rozdělen nerovnoměrně. Občas může dojít k uvolnění většího kusu horniny z nadloží a přesné zatížení není dané. A proto jsem volil dostatečně silný materiál, který by těmto krátkodobým, jednorázovým zatížením měl bez potíží odolat. Konkrétně se jedná se o výpalek z polotovaru 35/680x2300.

Při vratném pohybu z pracovní polohy by mohlo dojít k zaklínění, některých ostrých hran do horniny, které by mohlo mít za následek poškození hydraulických válců, uložení apod. Proto jsem na stykových plochách udělal dostatečná zkosení, abych se tomuto problému vyhnul.



Obrázek 26 - Výklopný plech zakrytování (zadní strana) – a) plech zakrytování; b) panty; c) výztuže č.1; d) výztuže č.2

Jak jsem už zmínil, zatížení od nadloží není přesně známo. Proto jsem na vnitřní stranu zakrytování přivařil výztuhy pro zlepšení tuhosti a pevnosti. Dále jsou pak k zakrytování přivařeny panty, které slouží k vyklápění. Jedná se o nejvíce namáhanou součást a proto, jsem volil pantů celkem šest. Všechny tyto svary jsou provedeny svařovacím drátem OK Autrod 5754, proto jsem volil pro všechny součásti stejný materiál S55J2 u kterého je zaručena dobrá svařitelnost.



*Obrázek 27 - Detail zakrytování (styková plocha) - a) čep ISO 2341 30x420; b) závlačka ISO 1234 8x45; c) pant na plechu zakrytování; d) pant na stropnici*

Panty na stropnici jsou taktéž přivařeny. Jedná se o modifikaci výztuže, která ale nijak neomezuje původní účel stropnice. Na boční vedení se dá opětovně nasunout standartní boční kryt.

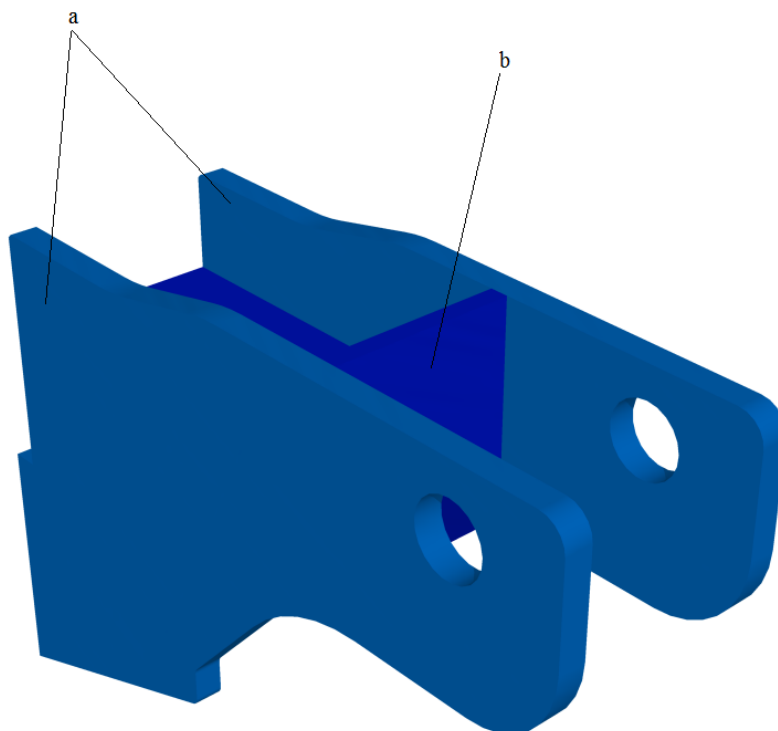
Spojení bočního zakrytování s mechanizovanou výztuží je provedeno pomocí pantů. Na stropnici a na zakrytování jsou tři páry pantů, které jsou spojeny normalizovanými čepy ISO 2341 30x420. Proti vypadnutí jsou čepy zajištěny pomocí závlaček ISO 1234 8x30.



## 6.2 Konzola pro vysouvání

Konzola slouží ke spojení hydraulického válce a zakrytování. Umožňuje vysunutí zakrytování do vodorovné polohy. Je vyrobena z polotovaru plechu 15/400x120. Materiál jsem zvolil S355J2.

Celá konstrukce konzoly se pak skládá ze dvou těchto plechů. Jsou spojeny pomocí malých výztuh. Sestava vysouvací konzoly je svařená svařovacím drátem OK Autrod 5754.

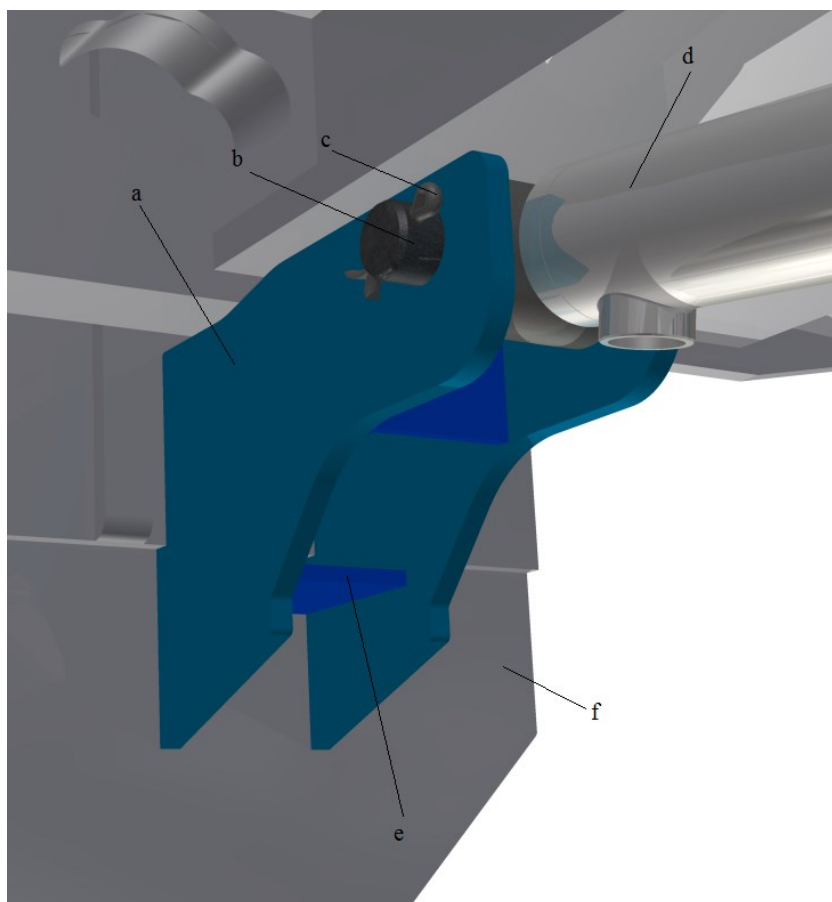


Obrázek 28 - Konzola pro vysouvání - a) plechy konzoly; b) výztuha



Na boční zakrytování jsou použity dvě tyto konzoly. Bez těchto konzol by bylo velice obtížné dosáhnout vysunutí do vodorovné polohy a následného sklopení do svislé polohy, aby nebránili pohybu za sekci mechanizované výztuže.

Spojení konzoly a hydraulického válce je provedeno čepem DIN EN 22341 40x160 a zajištěno závlačkou EN ISO 1234 10x61. K plechu zakrytování je konzola přivařena koutovým svarem, jak vně tak vevnitř konzoly. Proto musela být zajištěna dostatečná mezera mezi plechy konzoly, pro snadný přístup při svařování.



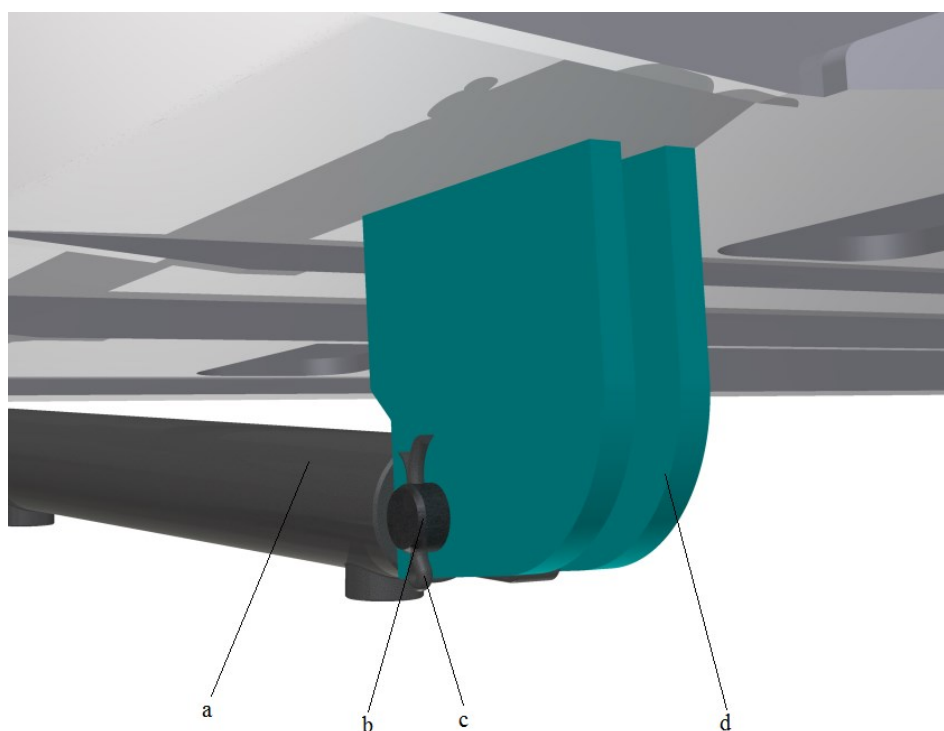
Obrázek 29- detail spojení konzoly - a) plech konzoly; b) čep DIN EN 22341 45x160 ; c) závlačka EN ISO 1234 10x61; d) hydraulický válec

### 6.3 Uchycení hydraulického válce

Slouží k ustavení hydraulického válce v dané poloze. Jedná se o jeden z mála zásahů do konstrukce standardizované mechanizované výztuže. Držák je přivařen ke spodní straně stropnice. Tento zásah do standardní výztuže ovšem nemá jakýkoliv vliv na původní funkčnost, nebo omezení pohybu obsluhy.

Oba kusy uchycení jsou přivařeny ke stropnici koutovými svary pomocí drátu OK Autrod 5754. Jako u předchozích součástí volím materiál S355J2, který je dobře svařitelný.

Pro jednoduchou montáž a demontáž, volím zajištění pomocí čepu a závlačky. Konkrétně se jedná o čep DIN EN 22341 40x90 a závlačku EN ISO 1234 10x61.

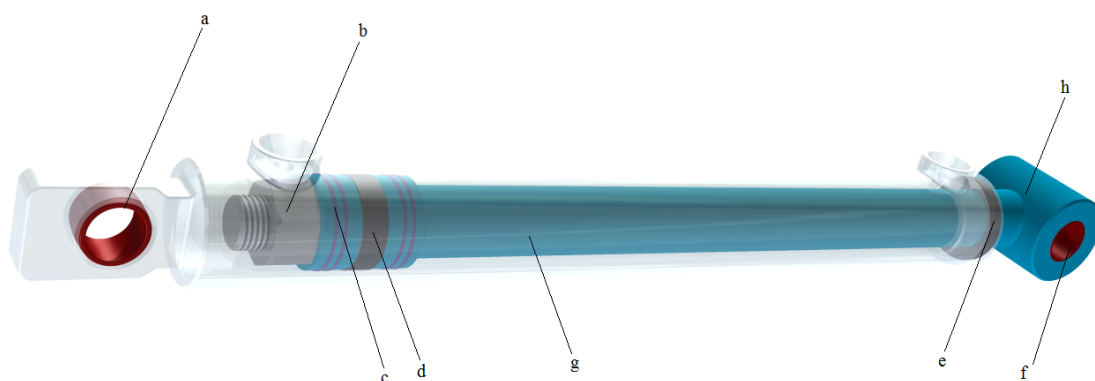


Obrázek 30- Uchycení hydraulického válce - a) hydraulický válec; b) čep DIN EN 22341 40x90; c) závlačka EN ISO 1234 10x61; d) Stojina uchycení hydraulického válce

## 6.4. Hydraulický válec

Dvojice hydraulických válců zajišťuje vyklápění bočního zakrytování. Pro moje účely jsem zvolil dvoučinný hydraulický válec, který zvládá provozní tlaky 32Mpa a disponuje výsuvem 600 mm. Což je vzdálenost nutná pro vysunutí bočního zakrytování do vodorovné polohy. Vnitřní průměr hydraulického válce je 70 mm, vnější 90mm. Pistnice má průměr 55 mm.

Tyto doporučené hodnoty jsem použil po konzultaci v Ostroji a.s., protože hydraulický válec není součástí mé výpočtové části. Na hydraulickém válci jsem navrhnul oka pro uchycení, která jsou nestandartní.



Obrázek 31 - Hydraulický válec – a) kloubové ložisko; b) matice M39; c) vodící pásky; d) pístové těsnění; e) stírací kroužek; f) vložka oka pístnice; g) plášť; h) pístnice

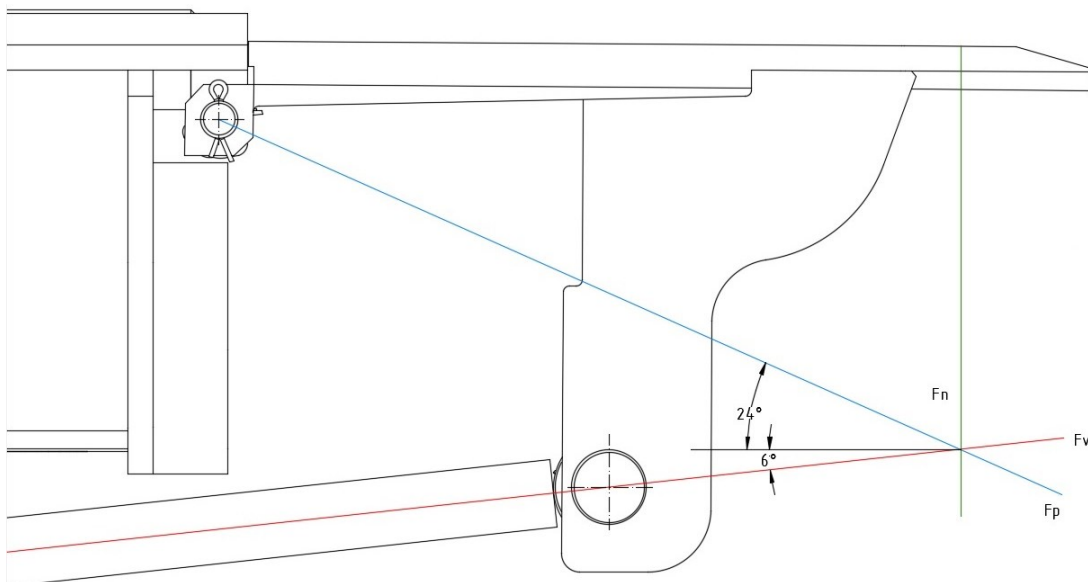
## 7. Rozbor sil v mechanismu

Pro následné výpočty musíme znát všechny síly v jednotlivých složkách. Uvažujeme pouze jednu pracovní polohu mechanismu. Celou tíhu nadloží přenáší stropnice. Boční kryt nemá za úkol přenášet tyto síly. Na kryt působí pouze tlaky od padající horniny apod. V systému je jmenovitý tlak nastaven na 32 MPa. Pojistný ventil je nastaven na 38 MPa. Všechny výpočty budou vycházet z hodnoty pojistného ventilu.

Zatěžující síla od nadloží  $F_n$  může působit na kterémkoliv místě bočnice, ale pro výpočty jsem vycházel z předpokladu, že síla  $F_n$  se blíží k hraně krytu. Toto opatření jsem zvolil z důvodu, že všechny výpočty vychází z tlaku na který je nastavený pojišťovací ventil, protože zatížení od nadloží je neznámé. To znamená, že výpočty vychází ze síly který vyvozuje hydraulický válec. Kdyby se boční kryt opřel stropu v místě až za čepem konzoly, nemohl bych z této úvahy vycházet a výpočty by nebyly směrodatné.

### 1 Poloha nosné síly

Před samotným výpočtem sil v systému musíme vypočítat maximální sílu v hydraulickém válci při vysouvání do pracovní polohy. Úhel natočení hydraulického válce vůči horizontální rovině je  $6^\circ$  a úhel mezi silou od pantu k horizontální rovině je  $24^\circ$ .



Obrázek 32-  $F_n$  – Nosná síla;  $F_v$  – Síla válce;  $F_p$  – Síla v pantu

$$F_{vmax} = p_{max} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (7.1)$$

$$F_{vmax} = 38 \cdot \frac{\pi \cdot 70^2}{4} = 146\,241,14 \text{ [N]} ;$$

### **Výpočet složek sil válce**

$$F_{vy} = F_{vmax} \cdot \sin \beta \quad (7.2)$$

$$F_{vy} = 146\,241,14 \cdot \sin 6^\circ = 15\,286,36 \text{ [N]}$$

$$F_{vx} = F_{vmax} \cdot \cos \beta$$

$$F_{vx} = 146\,241,14 \cdot \cos 6^\circ = 145\,440,02 \text{ [N]}$$

### **Rovnováha sil v ose x**

$$\sum F_x = 0 = F_p - F_{vx} \quad (7.3)$$

$$F_p \cdot \cos \alpha - F_{vx} = 0$$

$$F_p = \frac{F_{vx}}{\cos \alpha}$$

$$F_p = \frac{145\,440,02}{\cos 24^\circ} = 159\,203,9 \text{ [N]}$$

### **Rovnováha sil v ose y**

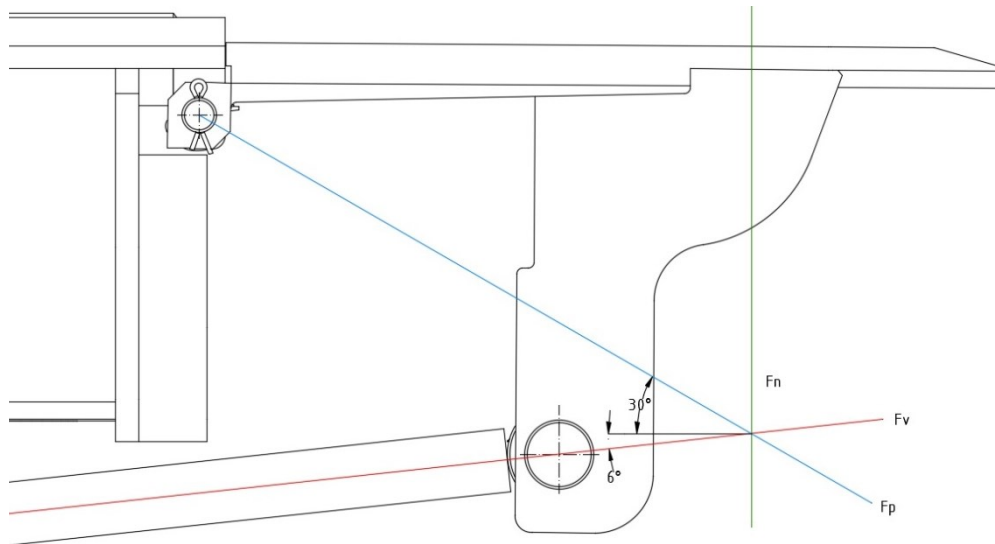
$$\sum F_y = 0 = F_N - F_{py} - F_{vy} \quad (7.4)$$

$$F_N = F_p \cdot \sin \alpha - F_{vy}$$

$$F_N = 159\,203,9 \cdot \sin 24^\circ - 15\,286,36 = 49\,467,67 \text{ [N]}$$

## 2 Poloha nosné síly

U druhej polohy nosné síly vychádzame ze stejnej sily válce a jeho složek. Úhel natočení hydraulického válce vůči horizontální rovině je  $6^\circ$  a úhel mezi silou od pantu k horizontální rovině je  $30^\circ$ .



Obrázek 33 -  $F_N$  – Nosná síla;  $F_v$  - Síla válce;  $F_p$  - Síla v pantu

### Rovnováha sil v ose x

$$\sum F_x = 0 = F_p - F_{vx} \quad (7.5)$$

$$F_p \cdot \cos \alpha - F_{vx} = 0$$

$$F_p = \frac{F_{vx}}{\cos \alpha}$$

$$F_p = \frac{145\,440,02}{\cos 30^\circ} = 167\,939,663 \text{ [N]}$$

### Rovnováha sil v ose y

$$\sum F_y = 0 = F_N - F_{py} - F_{vy} \quad (7.6)$$

$$F_N = F_p \cdot \sin \alpha - F_{vy}$$

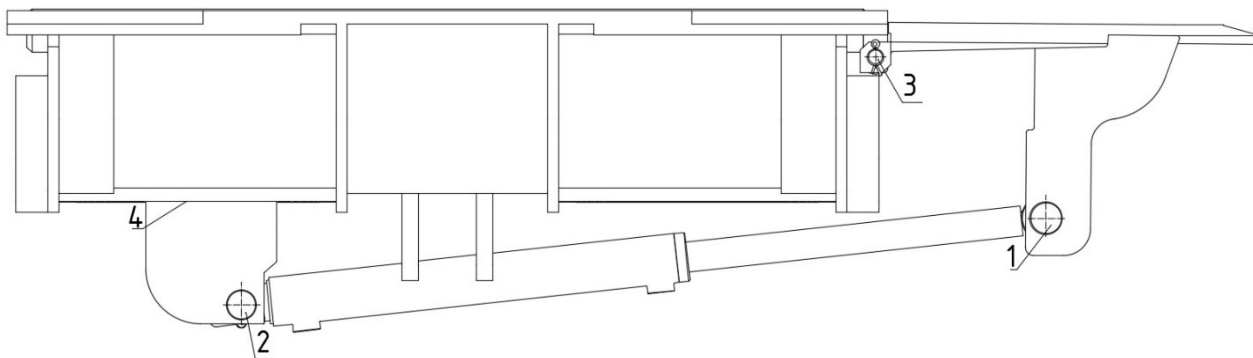
$$F_N = 167\,939,663 \cdot \sin 30^\circ - 15\,286,36 = 68\,683,47 \text{ [N]}$$

Ze silového rozboru vyplývá, že horší možností je druhá varianta. Proto pro následující výpočty budu brát v úvahu tyto hodnoty.

## 8. Kontrolní výpočty

Na celé sestavě provedu kontrolní výpočet dvou čepů sloužících pro uchycení hydraulického válce, kontrolní výpočet pantů a nakonec kontrolní výpočet svarového spoje stojiny, která slouží k uchycení hydraulického válce.

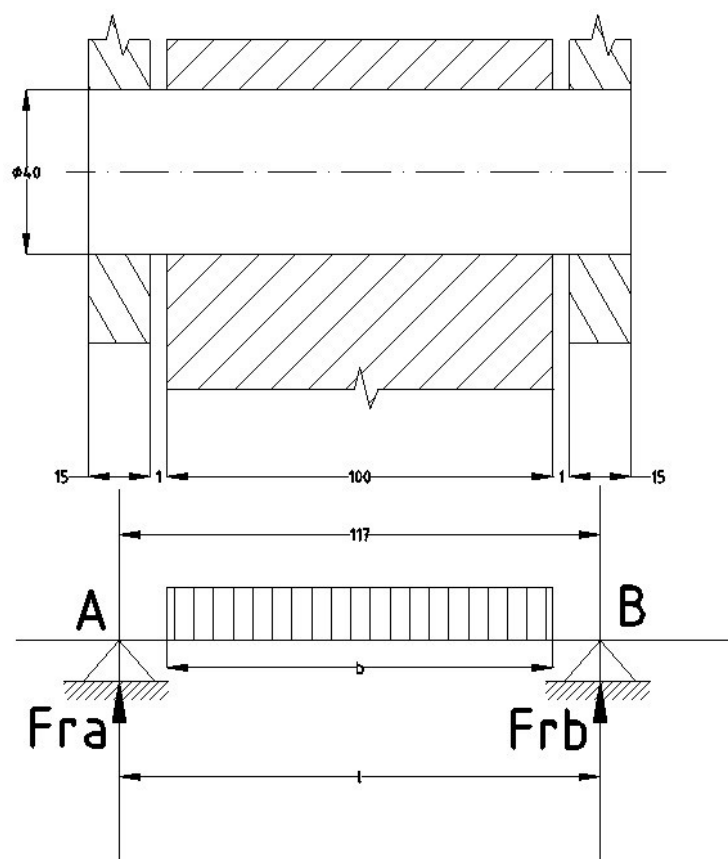
Pro lepší orientaci ve výpočtech jsem daná místa, kde budou provedeny kontrolní výpočty, označil ve schématu.



Obrázek 34- Schématické označení oblastí výpočtů

### 8.1. Kontrolní výpočet čepu – místo číslo 1

Čep slouží k uchycení hydraulického válce k „táhl“ bočnice. Je zajištěn standartizovanou závlačkou EN ISO 1234 10x61. Čep jsem zvolil DIN EN 22341 BB 40x160. Materiál čepu volím 34CrNiMo6 jehož mez kluzu  $R_e = 800$  MPa. Minimální součinitel bezpečnosti volím  $k_{min} = 1,8$ .



Obrázek 35 - Schéma čepového spojení č.1

**Výpočet maximálního momentu:**

$$M_{omax1} = F_{RA} \cdot \frac{l_1}{2} - \frac{F_{vmax}}{2} \cdot \frac{b_1}{4} \quad (8.1)$$

$$M_{omax1} = \frac{146\,241,14}{2} \cdot \left( \frac{117}{2} - \frac{100}{4} \right) = 2\,449\,539,095 \text{ [Nmm]}$$



### Výpočet napětí v ohybu:

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{omax}}{\frac{\pi \cdot d_1^3}{32}} \quad (8.1)$$

$$\sigma_{o1} = \frac{2\,449\,539,095}{\frac{\pi \cdot 40^3}{32}} = 389,856 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet napětí ve střihu:

$$\tau_{s1} = \frac{F_{Vmax}}{2 \cdot s_1} \rightarrow \tau_{s1} = \frac{F_{Vmax}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d_1^2}{4}} \quad (8.2)$$

$$\tau_{s1} = \frac{146\,241,14}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 40^2}{4}} = 58,19 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet redukovaného napětí

$$\sigma_{red1} = \sqrt{\sigma_{o1}^2 + 3 \cdot \tau_{s1}^2} \quad (8.3)$$

$$\sigma_{red1} = \sqrt{389,856^2 + 3 \cdot 58,19^2} = 402,673 \text{ [MPa]}$$

### Součinitel bezpečnosti

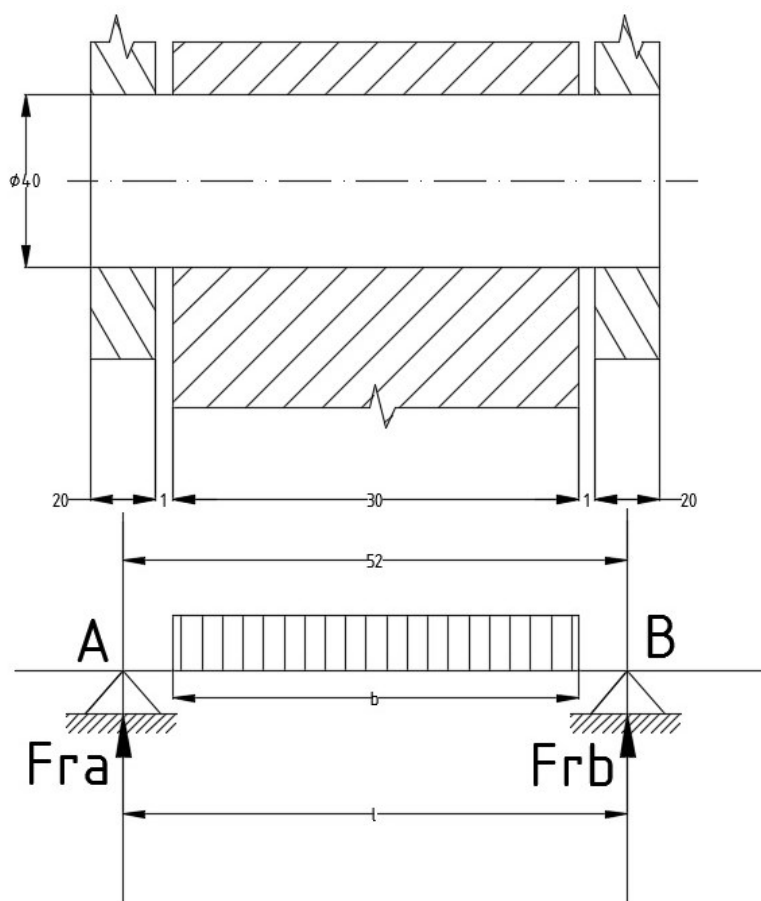
$$k = \frac{R_e}{\sigma_{red1}} \leq k_{min} \quad (8.4)$$

$$k = \frac{800}{402,673} \leq 1,8$$

$k = 1,987 \rightarrow$  součást vyhovuje

## 8.2. Kontrolní výpočet čepu – místo číslo 2

Čep v tomto místě slouží k uchycení hydraulického válce ke stojině. Čep volím DIN EN 22341 BB 40x90 a materiál volím stejný jako u předchozího čepu, čili 34CrNiMo6 s mezí kluzu  $R_e = 800$  MPa. Zajištění čepu je řešeno závlačkou EN ISO 1234 10x61. Koeficient bezpečnosti volím  $k_{\min} = 1,8$ .



Obrázek 36- Obrázek 26 - Schéma čepového spojení č.2

**Výpočet maximálního momentu:**

$$M_{\max 2} = F_{RA} \cdot \frac{l_2}{2} - \frac{F_{v\max}}{2} \cdot \frac{b_2}{4} \quad (8.5)$$

$$M_{\max 2} = \frac{146\,241,14}{2} \cdot \left( \frac{52}{2} - \frac{30}{4} \right) = 1\,352\,730,545 \text{ [Nmm]}$$

### Výpočet napětí v ohybu:

$$\sigma_{o2} = \frac{M_{omax2}}{\frac{\pi \cdot d_2^3}{32}} \quad (8.6)$$

$$\sigma_{o2} = \frac{1\,352\,730,545}{\frac{\pi \cdot 40^3}{32}} = 215,293 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet napětí ve střihu:

$$\tau_{s2} = \frac{F_{Vmax}}{2 \cdot s_2} \rightarrow \tau_{s2} = \frac{F_{Vmax}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d_2^2}{4}} \quad (8.7)$$

$$\tau_{s2} = \frac{146\,241,14}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 40^2}{4}} = 58,19 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet redukovaného napětí

$$\sigma_{red2} = \sqrt{\sigma_{o2}^2 + 3 \cdot \tau_{s2}^2} \quad (8.8)$$

$$\sigma_{red2} = \sqrt{215,293^2 + 3 \cdot 58,19^2} = 237,715 \text{ [MPa]}$$

### Součinitel bezpečnosti

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{red2}} \leq k_{min} \quad (8.9)$$

$$k = \frac{800}{237,715} \leq 1,8$$

$k = 2,92 \rightarrow$  součást vyhovuje

### 8.3. Kontrolní výpočet pantu – místo číslo 3

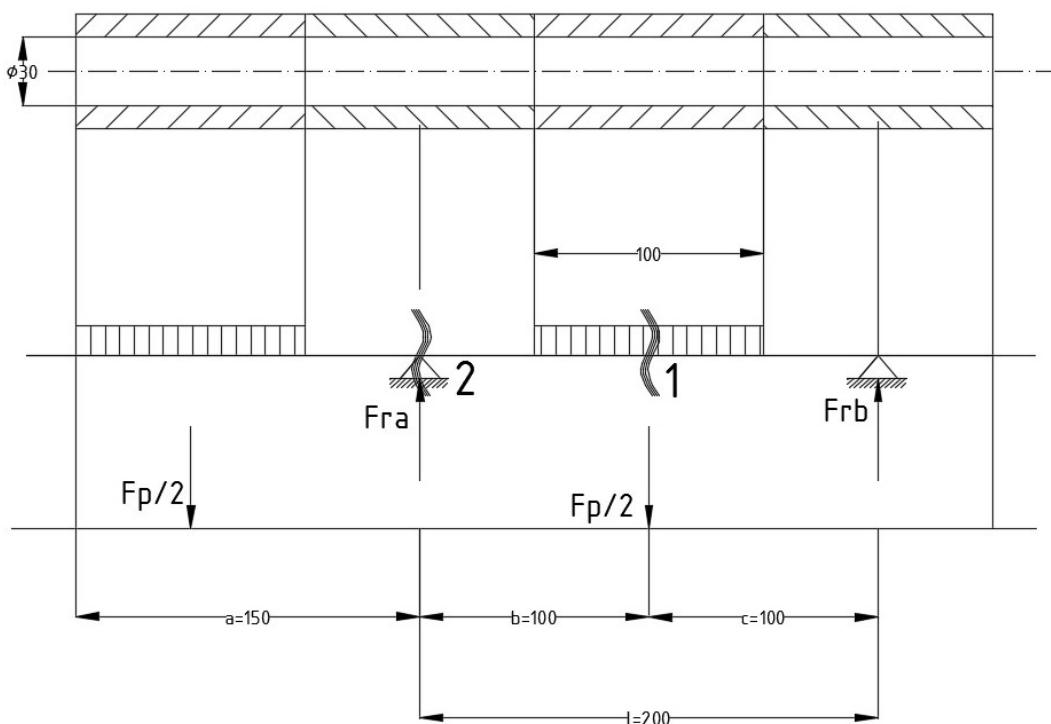
Celé boční zakrytovaní se otáčí díky těmto pantům. Panty se skládají ze tří čepů DIN EN 22341 BB – 30x420 a jsou zajištěny závlačkami ISO 1234 8x45. Materiál čepů jsem zvolil opět 34CrNiMo6, který má mez kluzu  $R_e = 800$  MPa. Na pantu jsem počítal dvě kritická místa.

Pro lepší orientaci ve výpočtech jsem provedl kontrolní výpočet pouze pro jeden pant. Musel jsem proto přepočítat sílu, která působí do pantu  $F_p$  na sílu která působí pouze na jeden pant.

#### Výpočet síly na jeden pant

$$F_{p1} = \frac{2 \cdot F_p}{3} \quad (8.10)$$

$$F_{p1} = \frac{2 \cdot 167\,939,663}{3} = 111\,959,775[N]$$



Obrázek 37 - schéma pantu

## Výpočet reakcí

Součet momentů k bodu A:

$$\sum M_{IA} = 0 = \frac{F_{p1}}{2} \cdot \frac{a_3}{2} - \frac{F_{p1}}{2} \cdot b_3 + F_{RB} \cdot l_3 \quad (8.11)$$

$$\rightarrow F_{RB} = \frac{-\frac{F_{p1}}{2} \cdot \frac{a_3}{2} + \frac{F_{p1}}{2} \cdot b_3}{l_3}$$

$$F_{RB} = \frac{-\frac{111\,959,78}{2} \cdot \frac{150}{2} + \frac{111\,959,78}{2} \cdot 100}{200} = 6\,997,485 \text{ [N]}$$

Rovnováha sil v ose y:

$$\sum F_{iy} = 0 = \frac{F_{p1}}{2} - F_{RA} + \frac{F_{p1}}{2} - F_{RB} \quad (8.12)$$

$$\rightarrow F_{RA} = \frac{F_{p1}}{2} + \frac{F_{p1}}{2} - F_{RB}$$

$$F_{RA} = \frac{111\,959,775}{2} + \frac{111\,959,775}{2} - 6\,997,485 = 104\,962,289 \text{ [N]}$$

## Výpočet v kritickém místě 1

Výpočet maximálního momentu:

$$M_{\text{max}P1} = 0 = F_{RB} \cdot c_3 - \left( \frac{F_{p1}}{4} \cdot \frac{b_3}{4} \right) \quad (8.13)$$

$$M_{\text{max}P1} = 6\,997,485 \cdot 100 - \left( \frac{111\,959,78}{4} \cdot \frac{100}{4} \right) = -0,125 \text{ [Nmm]}$$

Výpočet napětí v ohybu:

$$\sigma_{op1} = \frac{M_{\text{max}P1}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} \quad (8.14)$$

$$\sigma_{op1} = \frac{-0,125}{\frac{\pi \cdot 30^3}{32}} = 4,71 \cdot 10^{-5} \text{ [MPa]}$$

Výpočet napětí ve střihu:

$$\tau_{sp1} = \frac{\frac{F_{p1}}{2}}{2 \cdot s_3} \rightarrow \tau_{sp1} = \frac{\frac{F_{p1}}{2}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (8.15)$$

$$\tau_{sp1} = \frac{\frac{111\,959,775}{2}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 30^2}{4}} = 39,598 \text{ [Mpa]}$$

Výpočet redukovaného napětí:

$$\sigma_{redp1} = \sqrt{\sigma_{0p1}^2 + 3 \cdot \tau_{sp1}^2} \quad (8.16)$$

$$\sigma_{redp1} = \sqrt{(4,71 \cdot 10^{-5})^2 + 3 \cdot 39,598^2} = 68,585 \text{ [MPa]}$$

Součinitel bezpečnosti:

$$k = \frac{Re}{\sigma_{redp1}} \leq k_{min} \quad (8.17)$$

$$k = \frac{800}{68,585} \leq 1,8$$

$$k = 11,66 \rightarrow \text{součást vyhovuje}$$

Materiál s tak vysokou mezí kluzu volím záměrně, protože daleko vyšší namáhání se projeví u pantu v kritickém místě 2.

## Výpočet v kritickém místě 2

Výpočet maximálního momentu:

$$M_{omaxP2} = 0 = \frac{F_{p1}}{2} \cdot \frac{a_3}{2} \quad (8.18)$$

$$M_{omaxP2} = \frac{111\,959,78}{2} \cdot \frac{150}{2} = 419\,849,75 \text{ [Nmm]}$$

Výpočet napětí v ohybu:

$$\sigma_{op2} = \frac{M_{omax-p2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} \quad (8.19)$$

$$\sigma_{op2} = \frac{419\,849,75}{\frac{\pi \cdot 30^3}{32}} = 158,39 \text{ [MPa]}$$

Výpočet napětí ve střihu:

$$\tau_{sp2} = \frac{\frac{F_{p1}}{2}}{s_3} \rightarrow \tau_{sp} = \frac{\frac{F_{p1}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \quad (8.20)$$

$$\tau_{sp2} = \frac{\frac{111\,959,775}{2}}{\frac{\pi \cdot 30^2}{4}} = 79,1953 \text{ [Mpa]}$$

Výpočet redukovaného napětí:

$$\sigma_{redp2} = \sqrt{\sigma_{op2}^2 + 3 \cdot \tau_{sp2}^2} \quad (8.21)$$

$$\sigma_{redp2} = \sqrt{158,39^2 + 3 \cdot 79,1953^2} = 209,53 \text{ [MPa]}$$

Součinitel bezpečnosti:

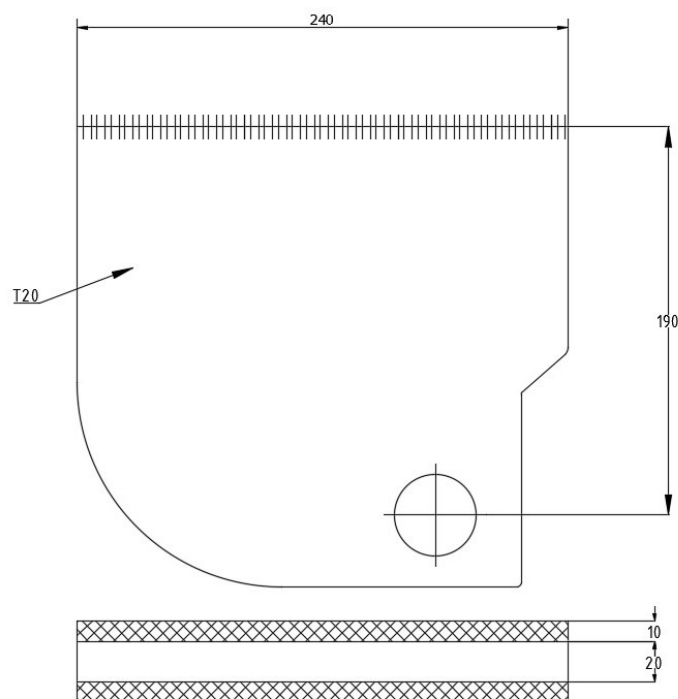
$$k = \frac{R_e}{\sigma_{redp2}} \leq k_{min} \quad (8.22)$$

$$k = \frac{800}{209,53} \leq 1,8$$

$k = 3,81 \rightarrow$  součást vyhovuje

#### 8.4. Kontrolní výpočet svarového spoje – místo číslo 4

Dva páry stojin jsou přivařeny k spodní straně stropnice oboustranným koutovým svarem o šířce 10 mm. Při výpočtech budu opět počítat pouze namáhání na jednu stojinu. Materiál volím S355J2 s mezí kluzu  $R_e = 345$  MPa.



Obrázek 38 - schéma svarového spoje

#### Výpočet maximálního momentu na jednu stojinu

$$M_{\text{omax-sv}} = \frac{F_{\text{vmax}}}{2} \cdot a_4 \quad (8.23)$$

$$M_{\text{omax-sv}} = \frac{145\,440,015}{2} \cdot 190 = 13\,816\,801,43 \text{ [Nmm]}$$

#### Výpočet napětí v ohybu

$$\sigma_{\text{o-sv}} = \frac{M_{\text{omax-sv}}}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot b_4 \cdot h^2} \quad (8.24)$$

$$\sigma_{\text{o-sv}} = \frac{13\,816\,801,43}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 10 \cdot 240^2} = 71,96 \text{ [MPa]}$$



### Výpočet napětí ve střihu

$$\tau_{s-sv} = \frac{F}{s_4} \rightarrow \tau_{s-sv} = \frac{\frac{F_{vx}}{2}}{2 \cdot b_4 \cdot h} \quad (8.25)$$

$$\tau_{s-sv} = \frac{\frac{145\,440}{2}}{2 \cdot 10 \cdot 240} = 15,15 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet napětí v tahu

$$\sigma_{t-sv} = \frac{\frac{F_{vy}}{2}}{2 \cdot b_4 \cdot h} \quad (8.26)$$

$$\sigma_{t-sv} = \frac{\frac{15\,286}{2}}{2 \cdot 10 \cdot 240} = 1,59 \text{ [MPa]}$$

### Výpočet redukovaného napětí

$$\sigma_{red-sv} = \sqrt{(\sigma_{o-sv} + \sigma_{t-sv})^2 + 3 \cdot \tau_{s-sv}^2} \quad (8.27)$$

$$\sigma_{red-sv} = \sqrt{(71,96 + 1,59)^2 + 3 \cdot 15,15^2} = 78,090 \text{ [MPa]}$$

### Součinitel bezpečnosti

$$k = \frac{Re}{\sigma_{red-sv}} \leq k_{min} \quad (8.28)$$

$$k = \frac{345}{78,090} \leq 2,5$$

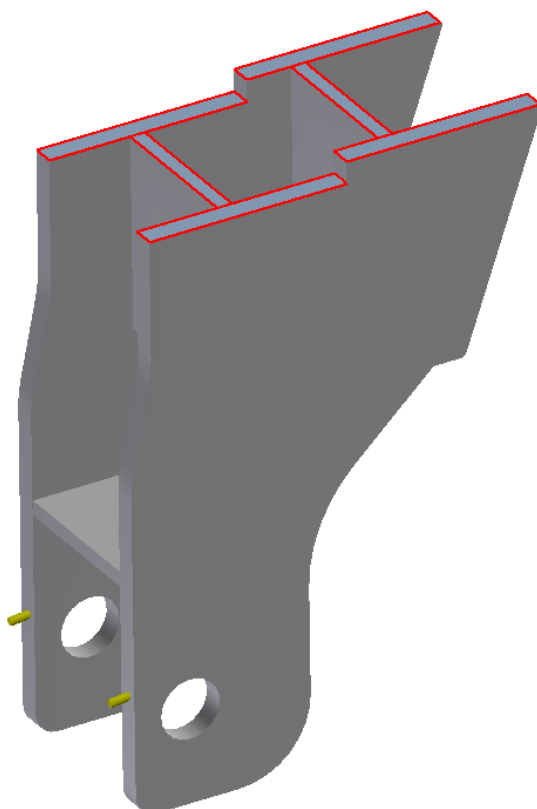
$$k = 4,22 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Mez kluzu svaru je nižší než mez kluzu svařovaného materiálu a proto je potřeba aby byla bezpečnost vyšší než je obvyklé.

### 8.5. Pevnostní analýza konzoly

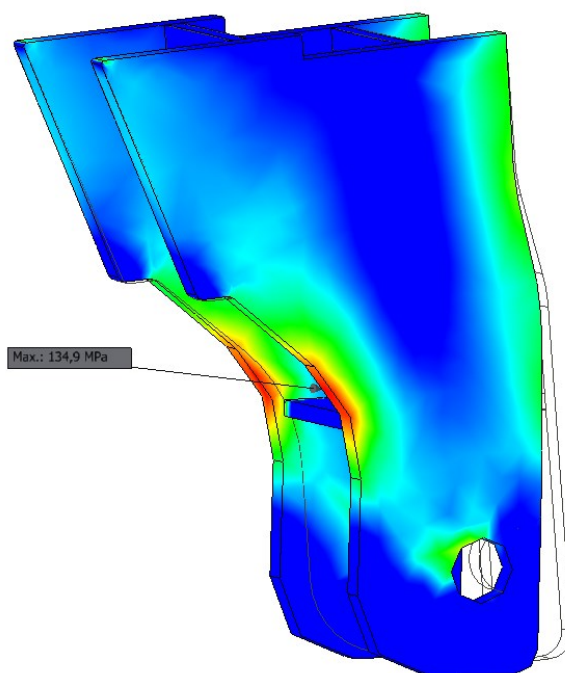
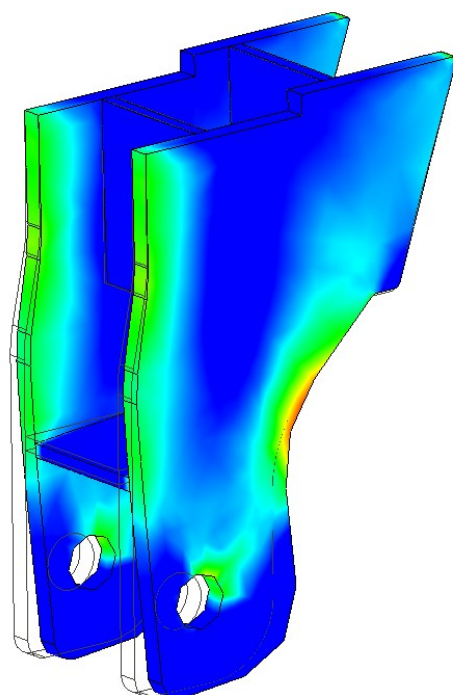
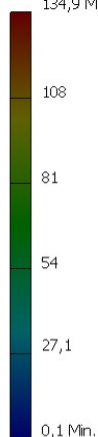
Konzolu jsem se rozhodl řešit pevnostní analýzou, protože má složitý tvar, který byl nutný pro kompletaci konstrukce a také, protože to je nejvíce namáhaná součást do které jde přímo zatížení od hydraulických válců.

Pevnostní analýzu jsem provedl v programu Autodesk Inventor 2015. Všechny části konzoly jsou ze stejného materiálu S355J2 s mezí kluzu  $R_{emin} = 290$  MPa. Minimální součinitel bezpečnosti volím  $k_{min} = 1,8$ . Dále jsem zvolil vazby. V mém případě šlo o pevnou vazbu v místě styčné plochy konzoly s bočním zakrytováním. Dále jsem navolil síť modelu. Mé pevnostní analýze původní síť vyhovovala. V dírách pro čep jsem umístil sílu pomocí zatížení ložiska. Provozní tlak v hydraulickém válci je 32 MPa. Ovšem vycházel jsem z varianty, kdy je konstrukce přetížena až na 38 MPa, což je tlak přepouštěcího ventilu. To proto, abych ověřil pevnost konstrukce při přetížení. Hydraulický válec při tomto tlaku vyvolá sílu 146 241 N Na každou díru proto zadávám poloviční sílu.



Obrázek 39 - Naznačení vazeb a směrů zatěžujících sil

Typ: Napětí Von Mises  
Jednotka: MPa  
24.4.2016, 23:12:35  
134,9 Max.



Z pevností analýzy jsem zjistil, že maximální zatížení na konzoly v radiusu je 135 MPa  
Minimální součinitel bezpečnosti je  $k_{\min}=2,08$  [ - ]. Z toho vyplývá, že i při nejvyšším  
možné zatížení konzola napětí vydrží, protože podmínka, kterou by měla konzola splňovat  
byla zadána na 1,8 [ - ].

## 9. Závěr

V této bakalářské práci je řešen konstrukční návrh bočního zakrytování pro mechanizované výztuže středních mocností. V úvodu práce jsem provedl celkový popis prostoru porubu a poté samotné výztuže. Po určení základních požadavků, které mi zadala firma Ostroj a.s. jsem přešel k samotnému konstrukčnímu řešení. Součástí práce je výpočtové řešení některých částí zakrytování a také pevnostní analýza. V přílohách je obsažena výkresová dokumentace, která obsahuje výkres sestavy a také výkresovou dokumentaci jednotlivých dílů bočního zakrytování.

Při řešení jsem se snažil o maximální možnou optimalizaci, vzhledem k nepříznivému prostředí ve kterém se boční kryt bude nacházet. Veškeré moje nápady a postupy jsem konzultoval s odborníky z Ostroje a.s. Přesto pro výrobu by bylo nutné model ještě více optimalizovat, aby při provozu nedošlo k žádné poruše či závadě.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Prof. Ing. Josefu Jurmanovi, CSc. za trpělivost při vedení mé bakalářské práce a také bych rád poděkoval Bc. Davidu Chlebusovi za trpělivost a cenné rady při konzultacích.

## Seznam použité literatury

- [1] GONDEK, H. - ŠEVČÍK, A. *Těžební a zpracovatelské stroje I.* 1.vydání, Ostrava: VŠB –Technická univerzita Ostrava, 2006. 128 s. ISBN 80-248-1040-9
- [2] GONDEK, H. - ŠTROFFEK, E. *Zařízení pro zajišťování porubů.* 1. vydání, Ostrava: VŠB- Technická univerzita Ostrava, 1985. 193 s.
- [3] LEINVEBER, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky.* Páté upravené vydání, Úvaly: ALBRA, 2011. 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4
- [4] TechnoMine: Mining technology [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://technology.infomine.com/reviews/UndergroundHaulage/welcome.asp?view=full>
- [5] *CAT mining: The Principle of Longwall Top Coal Caving* [online]. [cit. 2016-01-16]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=flePGEGtIAQ>
- [6] *Ostroj a.s.: Mechanizované výztuže* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/mechanizovane-vyztuze>
- [7] *Ostroj a.s.: Pluhové soupravy* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/pluhove-soupravy>
- [8] *Ostroj a.s.: Hřeblové dopravníky* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/hreblve-dopravniky>
- [9] *Joy Global: Joy Powered Roof Supports* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.joyglobal.com/product-details/powered-roof-supports>
- [10] HOLME, John. *Longwall mining roof supports* [online]. [cit. 2016-01-16]. ISBN <http://www.google.com/patents/US20110006586>.
- [11] *Famur: Powered roof supports* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <https://www.famur.com/pub/pl/uploadimages/produkty/dsc1179.jpg>
- [12] *opex Group: Powered roof supports* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: [http://www.kopex.com.pl/upload/repozytorium/1396\\_obudowy-zmechanizowane-tagor\\_11\\_26.jpg](http://www.kopex.com.pl/upload/repozytorium/1396_obudowy-zmechanizowane-tagor_11_26.jpg)
- [13] *Marco: Australia* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://marcoaustralia.com/longwall-mining-control/longwall-products/pm32-roof-support-control-unit-for-shearer-and-plow-systems.html>

[14] *Becker-Warkop: Mining systems* [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z:  
<http://www.becker-mining.com.pl/obudowy.html>

## Seznam obrázků

Obrázek 1– metoda těžby longwall [3] .....	11
Obrázek 2 - odplenění výztuže [4] .....	12
Obrázek 3 - přesunutí do nové polohy a následný zával [4] .....	12
Obrázek 4 - dobývací komplex [5].....	13
Obrázek 5- dobývací stroj [6].....	14
Obrázek 6 – detail vytrhávajícího pluhu [6].....	14
Obrázek 7- hřeblový dopravník [7].....	15
Obrázek 8-základní části mechanizované výztuže [8] .....	16
Obrázek 9 - schéma podpěrné výztuže [1] .....	17
Obrázek 10- schéma výztuže ohrazující [1] .....	17
Obrázek 11 - schéma výztuže podpěrně ohrazující [1] .....	18
Obrázek 12- schéma výztuže s jednokloubovou vazbou [1].....	19
Obrázek 13- schéma výztuže se čtyřkloubovou vazbou [1].....	20
Obrázek 14- popis částí výztuže [9].....	21
Obrázek 15 - mechanizovaná výztuž s pilířovou opěrou [10] .....	21
Obrázek 16- Hydraulické stojky mechanizované výztuže [11] .....	22
Obrázek 17 - Kontrolní panel pro ovládání hydraulických válců [12] .....	22
Obrázek 18 - Schéma výztuže pro nízké sloje [1].....	23
Obrázek 19 - Porovnání jednotlivých typů výztuží [5] .....	24



Obrázek 20 - pohled na svázané výztuže ve strmé sloji [1] .....	25
Obrázek 21 - přesouvací zařízení [9] .....	26
Obrázek 22 - detail přesouvacího zařízení [14] .....	27
Obrázek 23 - Boční kryt stropnice .....	28
Obrázek 24 - Boční kryt závalového štítu .....	28
Obrázek 25- Boční kryt v pracovní poloze .....	29
Obrázek 26 - Výklopný plech zakrytování (zadní strana).....	30
Obrázek 27 - Detail zakrytování (styková plocha).....	31
Obrázek 28 - Konzola pro vysouvání.....	32
Obrázek 29- detail spojení konzoly.....	33
Obrázek 30- Uchycení hydraulického válce .....	34
Obrázek 31 - Hydraulický válec.....	35
Obrázek 32- $F_n$ – Nosná síla; $F_v$ - Síla válce; $F_p$ - Síla v pantu.....	36
Obrázek 33 - $F_n$ – Nosná síla; $F_v$ - Síla válce; $F_p$ - Síla v pantu.....	38
Obrázek 34- Schématické označení oblastí výpočtů.....	39
Obrázek 35 - Schéma čepového spojení č.1 .....	40
Obrázek 36- Obrázek 26 - Schéma čepového spojení č.2.....	42
Obrázek 37 - schéma pantu .....	44
Obrázek 38 - schéma svarového spoje .....	48
Obrázek 39 - Naznačení vazeb a směrů zatěžujících sil .....	50

## Seznam příloh

### Výkresová dokumentace

- [1] Boční zakrytování výztuže - podsestava svařence, format A3
- [2] Držák hydraulického válce - výrobní výkres, format A3
- [3] Pant bočního zakrytování - výrobní výkres, format A4
- [4] Pant na stropnici - výrobní výkres, format A3
- [5] Plech zakrytování - výrobní výkres, format A3
- [6] Celková sestava - výkres sestavy, format A1
- [7] Konzola pro vysouvání - výrobní výkres, format A3
- [8] Výztuha pro bočnici č.1 - výrobní výkres, format A4
- [9] Výztuha pro bočnici č.2 - výrobní výkres, format A4
- [10] Vpěra kratší - výrobní výkres, format A4
- [11] Vzpěra delší - výrobní výkres, format A4

### Elektronická příloha CD obsahuje:

- Modely sestavy v univerzálním formátu .stp
- Výkresovou dokumentaci ve formátu .pdf
- Bakalářskou práci ve formátu .pdf
- Prezentace bakalářské práce